



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년05월07일
(11) 등록번호 10-2664159
(24) 등록일자 2024년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C07F 5/02 (2006.01) H10K 50/00 (2023.01)
H10K 50/80 (2023.01) H10K 99/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
C07F 5/022 (2013.01)
H10K 50/11 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2019-0142232
(22) 출원일자 2019년11월08일
심사청구일자 2022년09월06일
(65) 공개번호 10-2021-0055898
(43) 공개일자 2021년05월18일
(56) 선행기술조사문헌
US20190062348 A1
WO2019139329 A1
WO2019146332 A1

(73) 특허권자
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
윤경진
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
유미상
경기도 파주시 월롱면 엘지로 245
(74) 대리인
네이트특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

심사관 : 김예훈

(54) 발명의 명칭 유기 화합물, 이를 포함하는 유기발광다이오드 및 유기발광장치

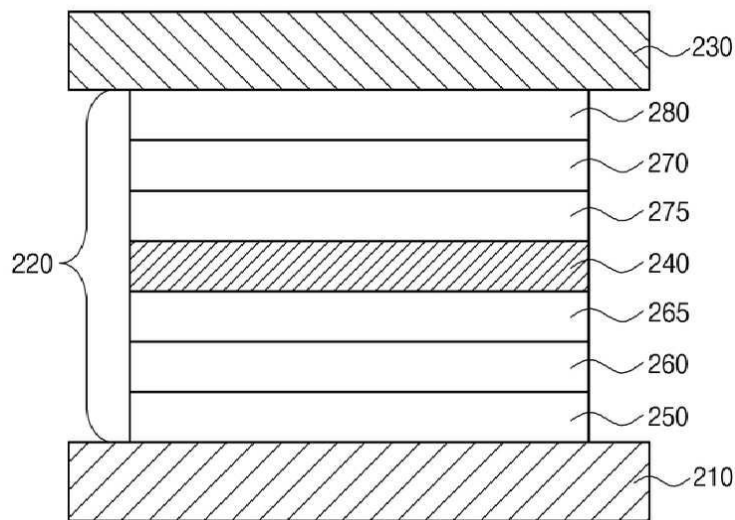
(57) 요약

본 발명은 하기 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물과, 상기 유기 화합물을 발광층에 적용한 유기발광다이오드 및 유기발광장치에 관한 것이다. 본 발명의 유기 화합물을 발광층에 도입하여, 구동 전압을 낮추고 발광 효율이 우수하며, 색 순도가 향상된 유기발광다이오드와 유기발광장치를 구현할 수 있다.

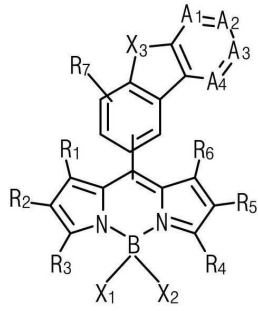
(뒷면에 계속)

대표도 - 도2

D1



[화학식 1]



(52) CPC특허분류

H10K 50/80 (2023.02)

H10K 85/322 (2023.02)

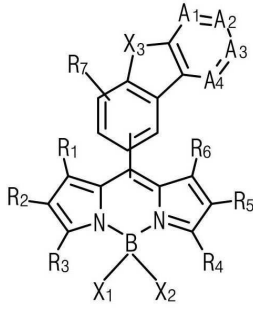
명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물.

[화학식 1]



화학식 1에서, R₁ 내지 R₆는 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₁-C₂₀ 알콕시기, C₁-C₂₀ 알킬 아미노기, C₆-C₃₀ 방향족 작용기 및 C₃-C₃₀ 헤테로 방향족 작용기로 구성되는 군에서 선택되고, 상기 방향족 작용기 및 상기 헤테로 방향족 작용기를 구성하는 방향족 고리 및 헤테로 방향족 고리는 각각 독립적으로 치환되지 않거나, C₁-C₂₀ 알킬기, C₆-C₃₀ 아릴기, C₆-C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 작용기로 치환되거나, R₁ 내지 R₆ 중에서 인접한 2개의 작용기는 서로 합쳐져서, C₆-C₂₀ 축합 방향족 고리 또는 C₃-C₂₀ 축합 헤테로 방향족 고리를 형성함; A₁ 내지 A₄는 각각 독립적으로 CR₈ 또는 질소원자(N)이고, 그 중에서 적어도 1개는 질소 원자임; R₇ 및 R₈는 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₆-C₃₀ 아릴기 또는 C₆-C₃₀ 헤테로 아릴기임; X₁ 및 X₂는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 니트릴기, C₁-C₂₀ 알킬기 및 C₁-C₂₀ 할로 알킬기임; X₃는 산소원자(O) 또는 황 원자(S)임.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 화학식 1에서 R₁ 내지 R₆ 중에서 적어도 4개는 C₁-C₂₀ 알킬기, C₁-C₂₀ 알킬 아미노기, 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₆-C₃₀ 아릴기 및 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₃-C₃₀ 헤테로 아릴기로 구성되는 군에서 선택되고, A₁ 내지 A₄ 중에서 어느 하나는 질소원자인 유기 화합물.

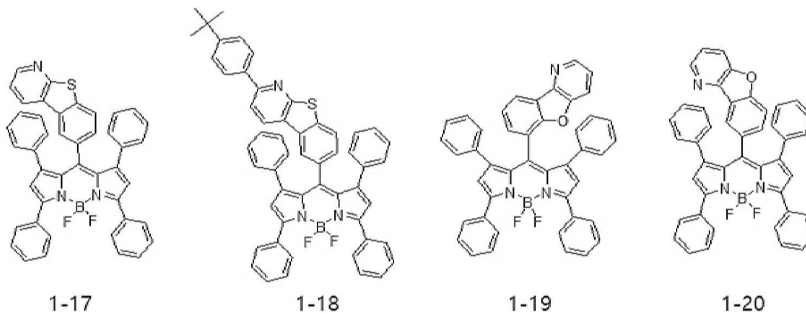
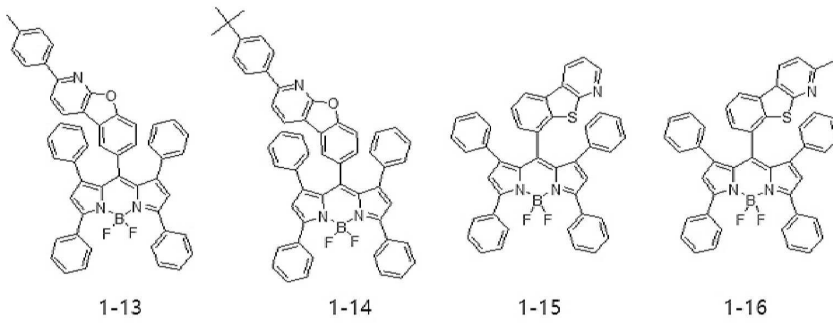
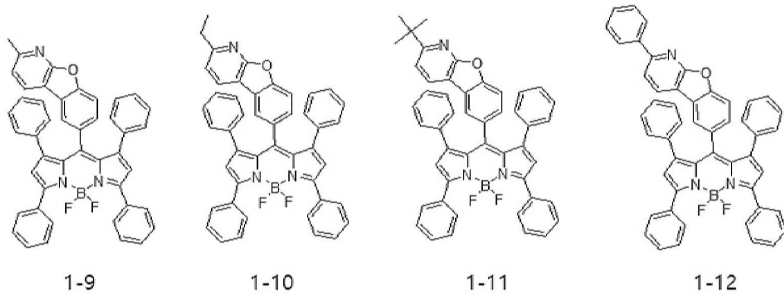
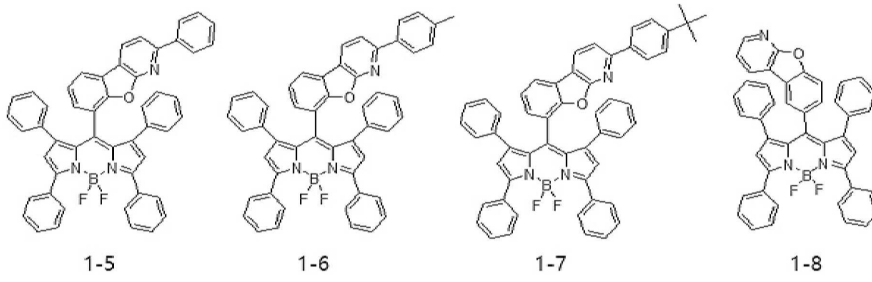
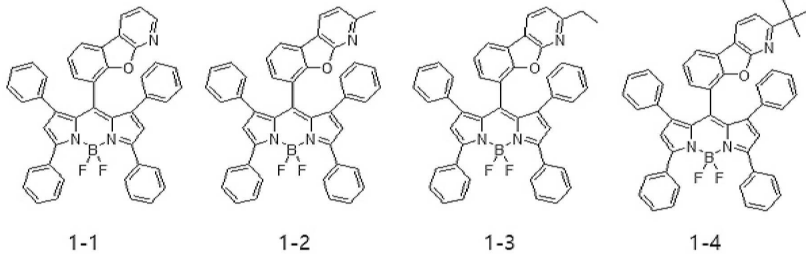
청구항 3

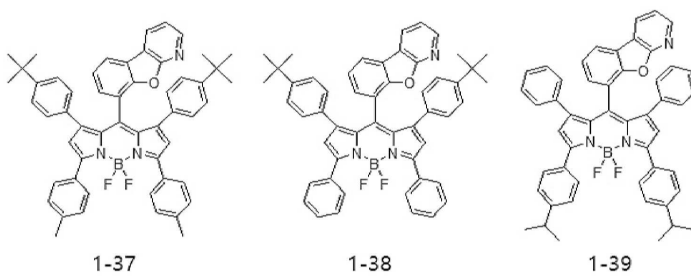
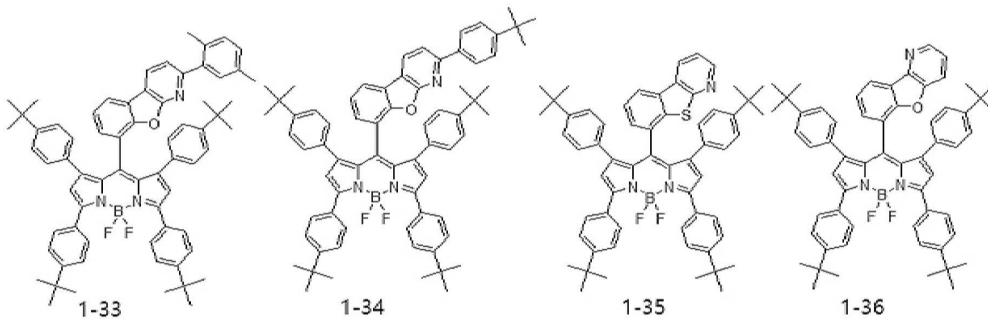
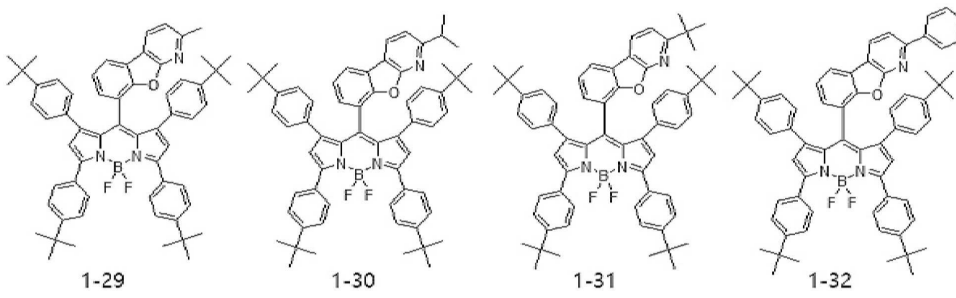
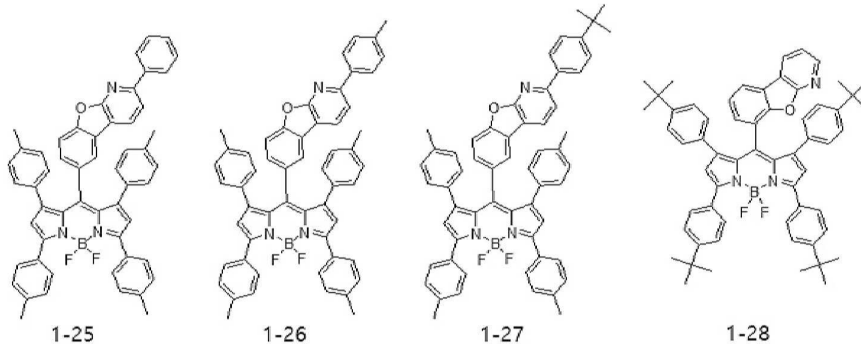
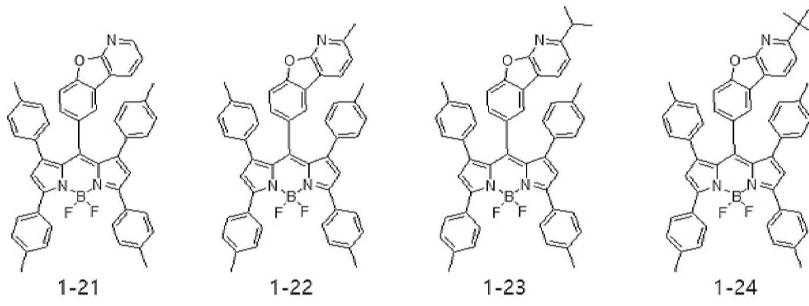
제 1항에 있어서, 상기 유기 화합물의 최대발광파장(maximum photoluminescence wavelength; PL λ_{max})은 560 nm 초과, 670 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(maximum Absorbance wavelength; Abs. λ_{max})은 550 nm 초과, 650 nm 이하의 범위를 가지는 유기 화합물.

청구항 4

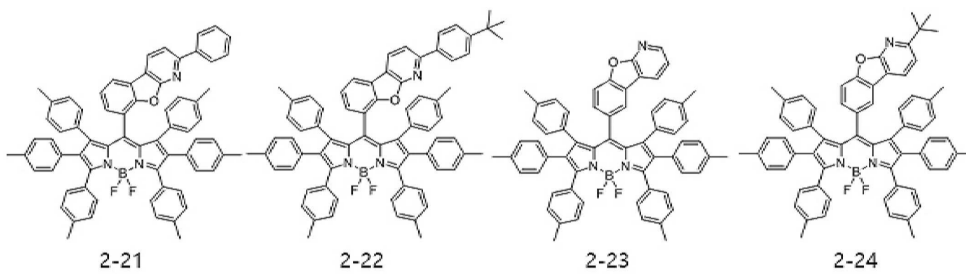
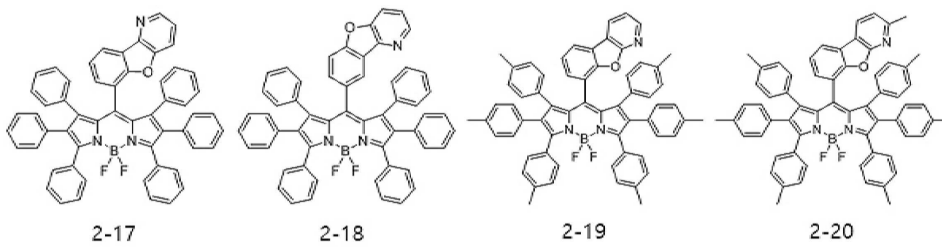
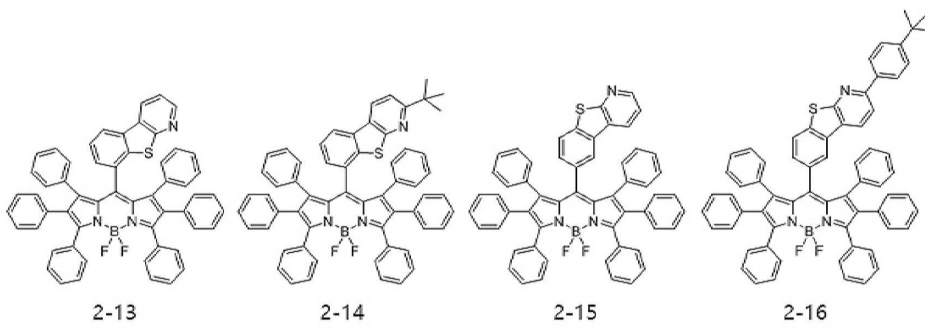
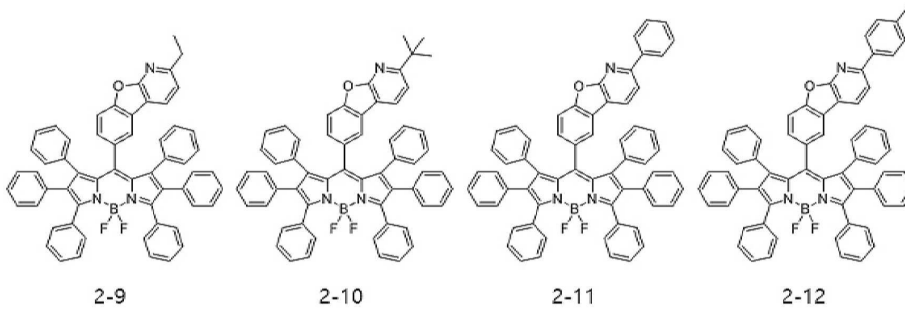
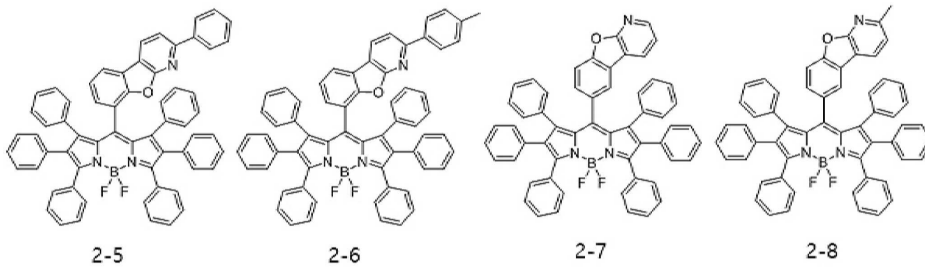
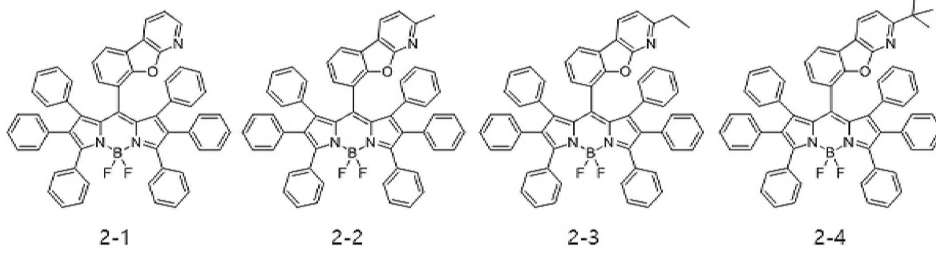
제 3항에 있어서, 상기 유기 화합물은 하기 화학식 2 또는 하기 화학식 3의 구조를 가지는 어느 하나의 유기 화합물을 포함하는 유기 화합물.

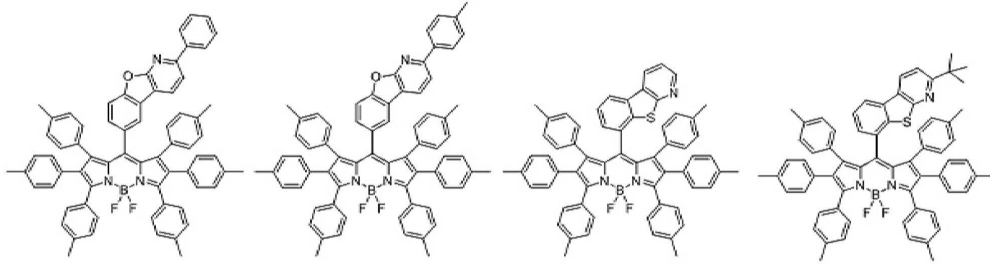
[화학식 2]





[화학식 3]



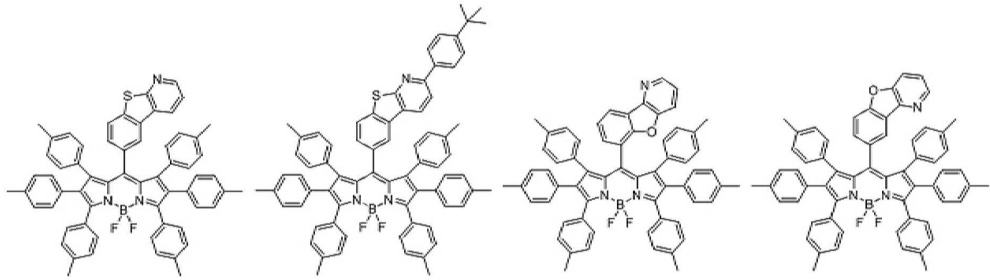


2-25

2-26

2-27

2-28

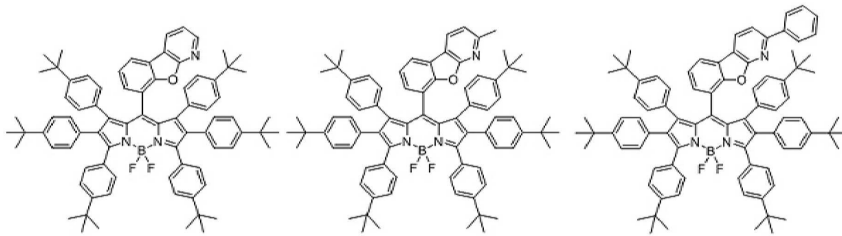


2-29

2-30

2-31

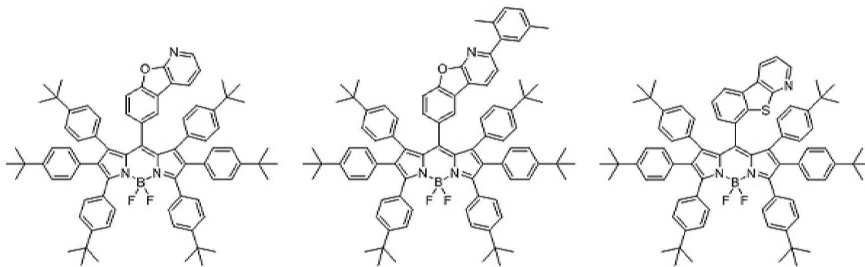
2-32



2-33

2-34

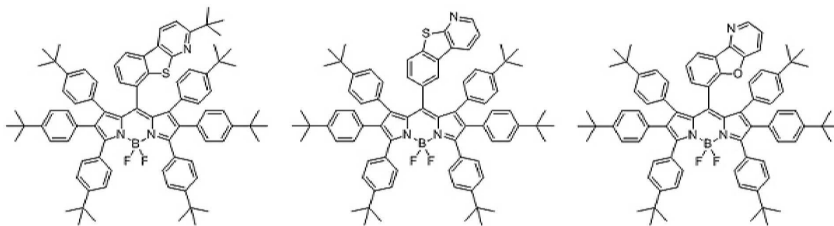
2-35



2-36

2-37

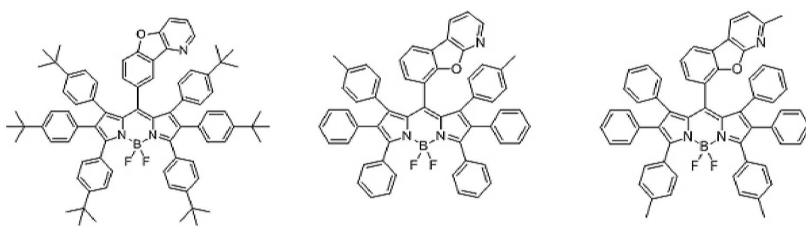
2-38



2-39

2-40

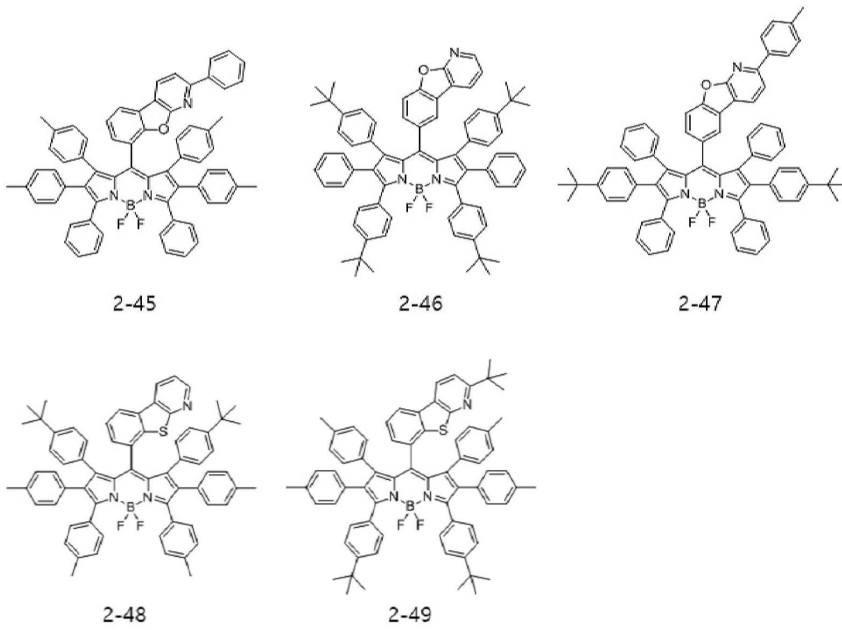
2-41



2-42

2-43

2-44



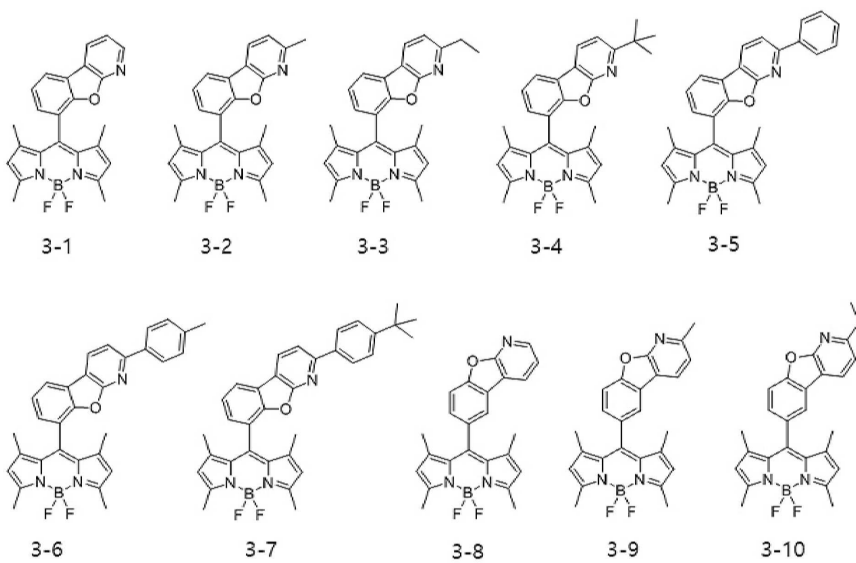
청구항 5

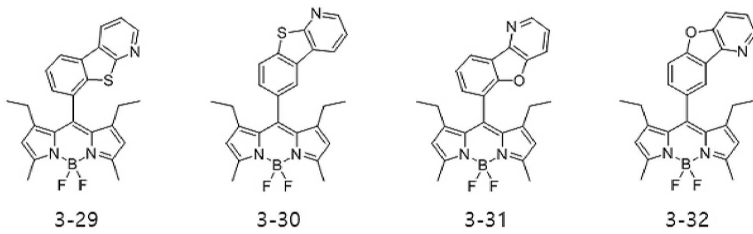
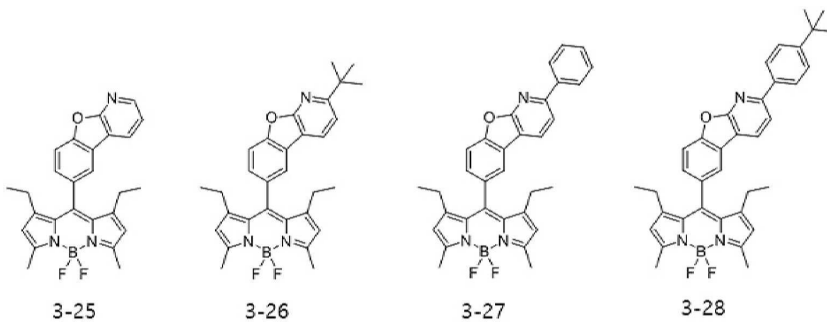
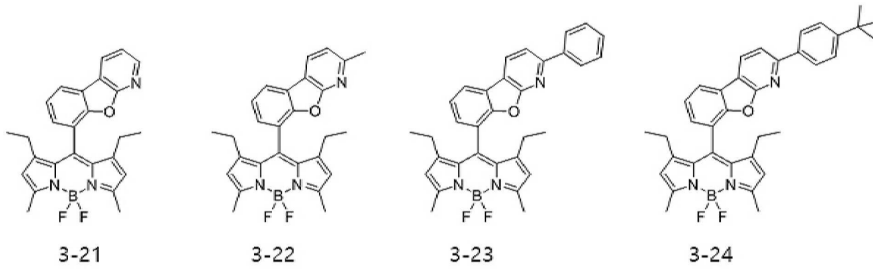
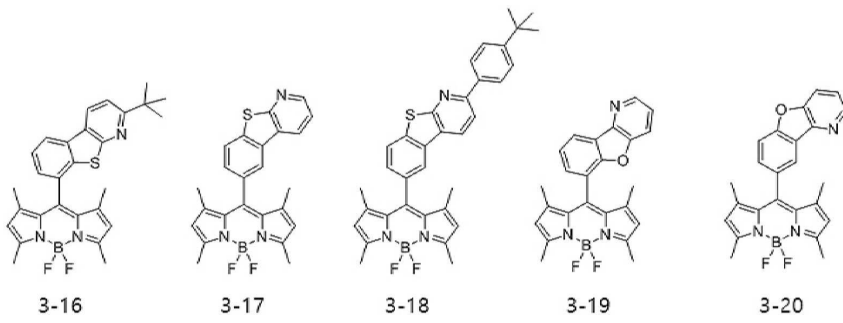
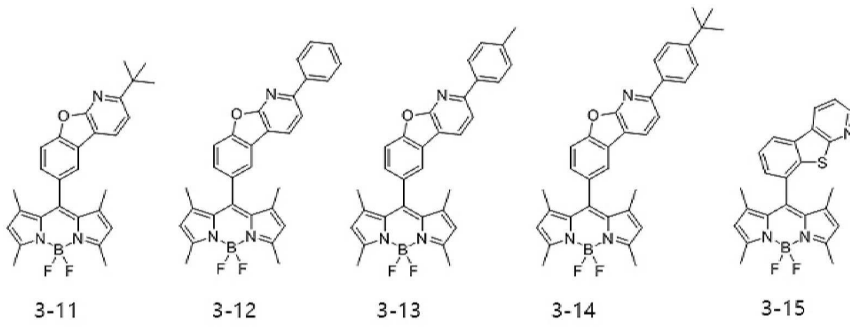
제 1항에 있어서, 상기 유기 화합물의 최대발광파장(maximum photoluminescence wavelength; PL λ_{max})은 500 nm 초과, 560 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(maximum Absorbance wavelength; Abs. λ_{max})은 490 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가지는 유기 화합물.

청구항 6

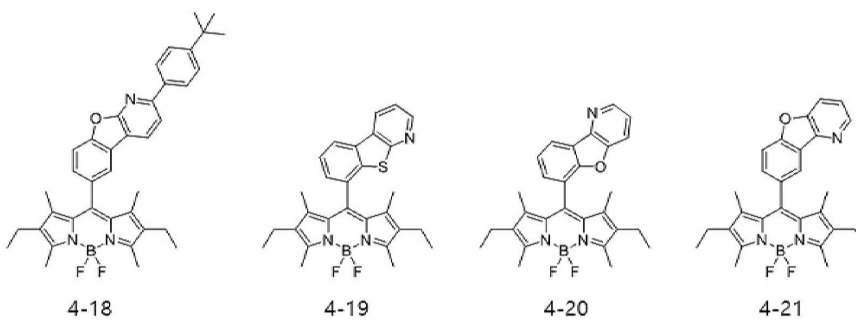
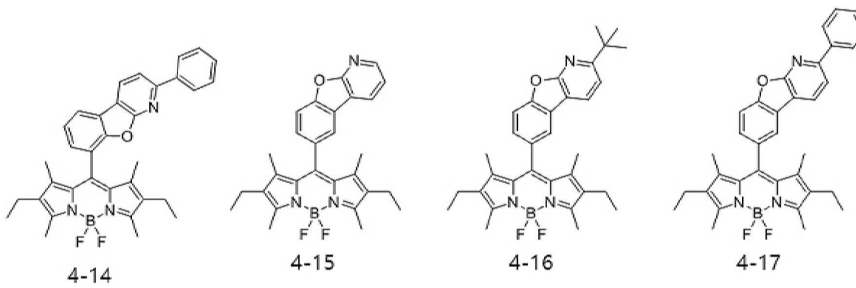
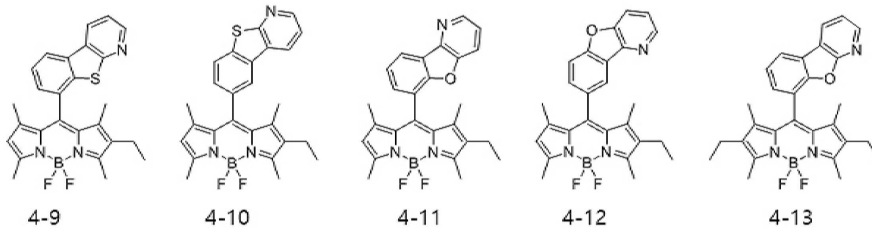
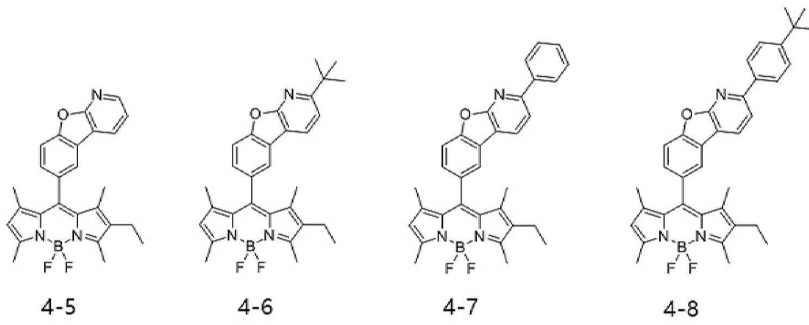
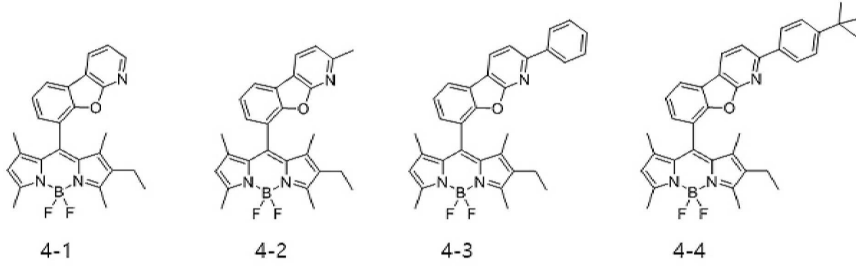
제 5항에 있어서, 상기 유기 화합물은 하기 화학식 4 또는 하기 화학식 5의 구조를 가지는 어느 하나의 유기 화합물을 포함하는 유기 화합물.

[화학식 4]





[화학식 5]



청구항 7

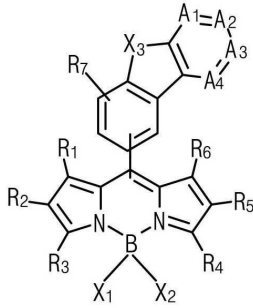
제 1 전극;

상기 제 1 전극과 마주하는 제 2 전극; 및

상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하며, 제 1 발광물질층을 포함하는 적어도 하나의 발광층을 포함하고,

상기 제 1 발광물질층은 하기 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물을 포함하는 유기발광다이오드.

[화학식 1]



화학식 1에서, R₁ 내지 R₆는 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₁-C₂₀ 알콕시기, C₁-C₂₀ 알킬 아미노기, C₆-C₃₀ 방향족 작용기 및 C₃-C₃₀ 헤테로 방향족 작용기로 구성되는 군에서 선택되고, 상기 방향족 작용기 및 상기 헤테로 방향족 작용기를 구성하는 방향족 고리 및 헤테로 방향족 고리는 각각 독립적으로 치환되지 않거나, C₁-C₂₀ 알킬기, C₆-C₃₀ 아릴기, C₆-C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 작용기로 치환되거나, R₁ 내지 R₆ 중에서 인접한 2개의 작용기는 서로 합쳐져서, C₆-C₂₀ 축합 방향족 고리 또는 C₃-C₂₀ 축합 헤테로 방향족 고리를 형성함; A₁ 내지 A₄는 각각 독립적으로 CR₈ 또는 질소원자(N)이고, 그 중에서 적어도 1개는 질소원자임; R₇ 및 R₈은 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₆-C₃₀ 아릴기 또는 C₆-C₃₀ 헤테로 아릴기임; X₁ 및 X₂는 각각 독립적으로 할로겐 원자, 니트릴기, C₁-C₂₀ 알킬기 및 C₁-C₂₀ 할로 알킬기임; X₃는 산소원자(O) 또는 황원자(S)임.

청구항 8

제 7항에 있어서, 화학식 1에서 R₁ 내지 R₆는 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₁-C₂₀ 알킬 아미노기, 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₆-C₃₀ 아릴기 및 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₃-C₃₀ 헤테로 아릴기로 구성되는 군에서 선택되고, A₁ 내지 A₄ 중에서 어느 하나는 질소원자인 유기발광다이오드.

청구항 9

제 7항에 있어서, 상기 제 1 발광물질층은 제 1 화합물과, 제 2 화합물을 포함하며, 상기 제 1 화합물의 여기 단일항 에너지 준위는 상기 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위보다 높고, 상기 제 2 화합물은 상기 유기 화합물을 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 10

제 7항에 있어서, 상기 제 1 발광물질층은 제 1 화합물과, 제 2 화합물과 제 3 화합물을 포함하고, 상기 제 2 화합물은 상기 유기 화합물을 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 11

제 10항에 있어서, 상기 제 2 화합물의 최대발광파장(maximum photoluminescence wavelength; PL λ_{max})은 560 nm 초과, 670 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(maximum Absorbance wavelength; Abs. λ_{max})은 550 nm 초과, 650 nm 이하의 범위를 가지고, 상기 제 3 화합물의 최대발광파장은 500 nm 초과, 650 nm 이하의 범위를 가지는 유기발광다이오드.

청구항 12

제 10항에 있어서, 상기 제 2 화합물의 최대발광파장(maximum photoluminescence wavelength; PL λ_{\max})은 500 nm 초과, 560 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(maximum Absorbance wavelength; Abs. λ_{\max})은 490 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가지고, 상기 제 3 화합물의 최대발광파장은 480 nm 초과, 560 nm 이하의 범위를 가지는 유기발광다이오드.

청구항 13

제 10항에 있어서, 상기 제 3 화합물의 여기 단일항 에너지 준위와, 여기 삼중항 에너지 준위의 차이는 0.3 eV 이하이고, 상기 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위는 상기 제 3 화합물의 여기 단일항 에너지 준위보다 낮은 유기발광다이오드.

청구항 14

제 9항에 있어서, 상기 제 1 전극과 상기 제 1 발광물질층 사이 또는 상기 제 1 발광물질층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 제 2 발광물질층을 더욱 포함하고, 상기 제 2 발광물질층은 제 4 화합물과 제 5 화합물을 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 15

제 14항에 있어서, 상기 제 2 화합물의 최대발광파장(maximum photoluminescence wavelength; PL λ_{\max})은 560 nm 초과, 670 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(maximum Absorbance wavelength; Abs. λ_{\max})은 550 nm 초과, 650 nm 이하의 범위를 가지고, 상기 제 5 화합물의 최대발광파장은 500 nm 초과, 650 nm 이하의 범위를 가지는 유기발광다이오드.

청구항 16

제 14항에 있어서, 상기 제 2 화합물의 최대발광파장(maximum photoluminescence wavelength; PL λ_{\max})은 500 nm 초과, 560 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(maximum Absorbance wavelength; Abs. λ_{\max})은 490 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가지고, 상기 제 5 화합물의 최대발광파장은 480 nm 초과, 560 nm 이하의 범위를 가지는 유기발광다이오드.

청구항 17

제 14항에 있어서, 상기 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위와, 여기 삼중항 에너지 준위의 차이는 0.3 eV 이하이고, 상기 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위는 상기 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위보다 낮은 유기발광다이오드.

청구항 18

제 14항에 있어서, 상기 제 2 발광물질층을 중심으로 상기 제 1 발광물질층의 반대쪽에 위치하는 제 3 발광물질층을 더욱 포함하고, 상기 제 3 발광물질층은 제 6 화합물과 제 7 화합물을 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 19

제 18항에 있어서, 상기 제 6 화합물의 여기 단일항 에너지 준위는 상기 제 7 화합물의 여기 단일항 에너지 준위보다 높고, 상기 제 7 화합물은 상기 유기 화합물을 포함하는 유기발광다이오드.

청구항 20

기관; 및

상기 기관 상에 위치하며, 제 7항 내지 제 19항 중에서 어느 하나의 청구항에 기재된 유기발광다이오드를 포함하는 유기발광장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 유기 화합물에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 발광 효율 및 색 순도가 우수하여 유기발광다이오드의 발광층에 적용될 수 있는 유기 화합물, 이를 포함하는 유기발광다이오드 및 유기발광장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 표시장치가 대형화됨에 따라, 공간 점유가 적은 평면표시소자의 요구가 증대되고 있다. 이러한 평면표시소자 중 하나로서 유기전계발광소자(Organic Electroluminescent device; OLED)라고도 불리는 유기발광다이오드를 이용한 표시장치가 주목을 받고 있다.

[0003] 유기발광다이오드(Organic Light Emitting Diode; OLED)는 전자 주입 전극(음극)과 정공 주입 전극(양극) 사이에 형성된 발광물질층에 전하를 주입하면 전자와 정공이 엑시톤을 생성하고, 생성된 엑시톤이 소멸하면서 빛을 내는 발광 소자이다. 다시 말해, 유기발광다이오드는 양극에서 주입된 정공(hole)과 음극에서 주입된 전자(electron)가 발광물질층에서 결합하여 엑시톤을 형성하여 불안정한 에너지 상태(excited state)로 되었다가, 안정한 바닥 상태(ground state)로 돌아오며 빛을 방출한다.

[0004] 유기발광다이오드는 플라스틱 같은 휘 수 있는(flexible) 투명 기관 위에도 형성될 수 있고, 플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel)이나 무기 전계발광(EL) 디스플레이에 비해 낮은 전압에서 (10V 이하) 구동이 가능하다. 또한, 유기발광다이오드는 전력 소모가 비교적 적으며, 색 순도가 뛰어나다는 장점이 있다. 뿐만 아니라, 유기발광다이오드소자는 녹색, 청색, 적색의 3가지 색을 쉽게 구현할 수 있기 때문에, 발광 소자로서 많은 관심의 대상이 되고 있다.

[0005] 그런데, 현재 유기발광다이오드에 적용되는 발광 물질의 발광 효율은 만족스럽지 못하다. 또한, 발광 물질을 포함하는 유기발광다이오드의 구동 전압이 높기 때문에 소비 전력을 증가시키는 원인이 된다. 아울러, 유기발광다이오드에 도입된 발광 물질은 발광 수명이 짧거나 색 순도가 좋지 않은 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

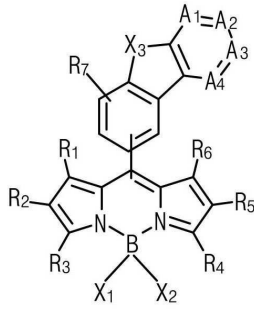
[0006] 본 발명의 목적은 발광 효율 및 색 순도가 우수한 유기 화합물과, 유기발광다이오드 및 유기발광장치를 제공하고자 하는 것이다.

[0007] 본 발명의 다른 목적은 구동 전압을 낮춰서 소비 전력을 줄일 수 있는 유기 화합물과, 유기발광다이오드 및 유기발광장치를 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 일 측면에 따르면, 본 발명은 하기 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물을 제공한다.

[0009] [화학식 1]



[0010]

[0011]

화학식 1에서, R₁ 내지 R₆는 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₁-C₂₀ 알콕시기, C₁-C₂₀ 알킬 아미노기, C₆-C₃₀ 방향족 작용기 및 C₃-C₃₀ 헤테로 방향족 작용기로 구성되는 군에서 선택되고, 상기 방향족 작용기 및 상기 헤테로 방향족 작용기를 구성하는 방향족 고리 및 헤테로 방향족 고리는 각각 독립적으로 치환되지 않거나, C₁-C₂₀ 알킬기, C₆-C₃₀ 아릴기, C₆-C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 작용기로 치환되거나, R₁ 내지 R₆ 중에서 인접한 2개의 작용기는 서로 합쳐져서, C₆-C₂₀ 축합 방향족 고리 또는 C₃-C₂₀ 축합 헤테로 방향족 고리를 형성함; A₁ 내지 A₄는 각각 독립적으로 CR₈ 또는 질소원자(N)이고, 그 중에서 적어도 1개는 질소 원자임; R₇ 및 R₈은 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₆-C₃₀ 아릴기 또는 C₆-C₃₀ 헤테로 아릴기임; X₁ 및 X₂는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 니트릴기, C₁-C₂₀ 알킬기 및 C₁-C₂₀ 할로 알킬기임; X₃는 산소원자(O) 또는 황 원자(S)임.

[0012]

다른 측면에서, 본 발명은 서로 마주하는 제 1 전극 및 제 2 전극; 및 상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하며, 제 1 발광물질층을 포함하는 적어도 하나의 발광 유닛을 포함하고, 상기 제 1 발광물질층은 전술한 유기 화합물을 포함하는 유기발광다이오드를 제공한다.

[0013]

또 다른 측면에서, 본 발명은 본 발명은 기관; 및 상기 기관 상에 위치하며, 전술한 유기발광다이오드를 포함하는 유기발광장치를 제공한다.

발명의 효과

[0014]

본 발명에 따른 유기 화합물은 보론-다이피로메텐 모이어티와, 적어도 하나의 질소 원자와, 하나의 산소 또는 황 원자를 가지는 축합 헤테로 방향족 모이어티를 갖는다. 보론-다이피로메텐 모이어티와 축합 헤테로 방향족 모이어티는 상대적으로 작은 판상 구조를 갖기 때문에, 인접한 분자 사이에서 중첩 영역이 적어진다. 또한, 본 발명에 따른 유기 화합물은 보론-다이피로메텐 모이어티에 작용기가 연결되면서 인접한 분자 사이의 거리가 증가한다.

[0015]

호스트 또는 다른 발광 물질로부터 엑시톤 에너지가 전달될 때, 인접한 분자 사이의 거리에 의존하는 Dexter 에너지 전이가 제한되고, 단일항 엑시톤 에너지만을 전달하는 FRET 메커니즘에 따라 엑시톤 에너지가 전달된다. Dexter 에너지 전이 메커니즘에 의하여 발광에 기여할 수 없는 삼중항 엑시톤 에너지가 전달될 확률이 감소하고, FRET 메커니즘에 의하여 발광에 기여하는 단일항 엑시톤 에너지가 전달될 확률이 증가한다. 또한, 반치폭이 협소한 보론-다이피로메텐 모이어티를 적용하여 색 순도가 향상되며, 보론-다이피로메텐 모이어티에 치환되는 작용기의 종류를 변경하여, 유기 화합물의 발광 컬러를 조절할 수 있다.

[0016]

본 발명에 따른 유기 화합물을 발광층에 적용하여, 구동 전압을 낮추고, 발광 효율은 향상시키며, 색 순도가 향상된 유기발광다이오드와 유기발광장치를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017]

도 1은 본 발명에 따른 유기발광장치의 일례로서 유기발광표시장치를 개략적으로 나타낸 단면도이다.
 도 2는 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 개략적으로 나타낸 단면도이다.
 도 3은 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에서 발광 물질 사이의 에너지 준위에 따른 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

도 4는 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 개략적으로 나타낸 단면도이다.

도 5는 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에 포함될 수 있는 지연형광물질의 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

도 6은 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에서 발광 물질 사이의 에너지 준위에 따른 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

도 7은 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 개략적으로 나타낸 단면도이다.

도 8은 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에서 발광 물질 사이의 에너지 준위에 따른 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

도 9는 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 개략적으로 나타낸 단면도이다.

도 10은 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에서 발광 물질 사이의 에너지 준위에 따른 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

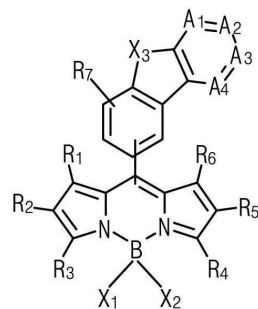
발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 필요한 경우에 첨부하는 도면을 참조하면서 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0019] [유기 화합물]

[0020] 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층의 발광 물질로 사용되는 물질은 발광 특성 및 발광 수명이 우수하여야 한다. 아울러, 호스트-도펀트 시스템을 적용한 발광물질층에서 호스트에서 생성된 엑시톤 에너지가 도펀트로 효율적으로 전달될 수 있도록 설계되어야 한다. 본 발명에 따른 유기 화합물은 이러한 조건을 충족시킬 수 있다. 본 발명에 따른 유기 화합물은 하기 화학식 1의 구조를 가질 수 있다.

[0021] [화학식 1]



[0022]

[0023] 화학식 1에서, R₁ 내지 R₆는 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₁-C₂₀ 알콕시기, C₁-C₂₀ 알킬 아미노기, C₆-C₃₀ 방향족 작용기 및 C₃-C₃₀ 헤테로 방향족 작용기로 구성되는 군에서 선택되고, 상기 방향족 작용기 및 상기 헤테로 방향족 작용기를 구성하는 방향족 고리 및 헤테로 방향족 고리는 각각 독립적으로 치환되지 않거나, C₁-C₂₀ 알킬기, C₆-C₃₀ 아릴기, C₆-C₃₀ 헤테로 아릴기 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 작용기로 치환되거나, R₁ 내지 R₆ 중에서 인접한 2개의 작용기는 서로 합쳐져서, C₆-C₂₀ 축합 방향족 고리 또는 C₃-C₂₀ 축합 헤테로 방향족 고리를 형성함; A₁ 내지 A₄는 각각 독립적으로 CR₈ 또는 질소원자(N)이고, 그 중에서 적어도 1개는 질소 원자임; R₇ 및 R₈은 각각 독립적으로 수소, C₁-C₂₀ 알킬기, C₆-C₃₀ 아릴기 또는 C₆-C₃₀ 헤테로 아릴기임; X₁ 및 X₂는 각각 독립적으로 할로젠 원자, 니트릴기, C₁-C₂₀ 알킬기 및 C₁-C₂₀ 할로 알킬기임; X₃는 산소원자(O) 또는 황 원자(S)임.

[0024] 본 명세서에서 '치환되지 않은' 또는 '치환되지 않거나'란 수소 원자가 결합된 것을 의미하며, 이 경우 수소 원자는 경수소, 중수소 및 삼중수소가 포함된다. 본 명세서에서 '치환된'에서 치환기는 예를 들어, 치환되지 않거나 할로젠으로 치환된 C₁-C₂₀ 알킬, 치환되지 않거나 할로젠으로 치환된 C₁-C₂₀ 알콕시, 할로젠, 시아노기, -CF₃, 하이드록시기, 카르복시기, 카르보닐기, 아미노기, C₁-C₁₀ 알킬 아미노기, C₆-C₃₀ 아릴 아미노기, C₄-C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기, 니트로기, 하이드라질기(hydrazyl group), 술폰산기, C₁-C₂₀ 알킬 실릴기, C₁-C₂₀ 알콕시 실릴기,

C₃~C₃₀ 사이클로 알킬 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴 실릴기, C₄~C₃₀ 헤테로 아릴 실릴기, C₅~C₃₀ 아릴기, C₄~C₃₀ 헤테로 아릴기 등을 들 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0025] 본 명세서에서 '헤테로 방향족', '헤테로 치환족', '헤테로 아릴기', '헤테로 아릴 알킬기', '헤테로 아릴옥시기', '헤테로 아릴 아미노기' 등에서 사용된 용어 '헤테로'는 이들 방향족 고리를 구성하는 탄소 원자 중 1개 이상, 예를 들어 1 내지 5개의 탄소 원자가 N, O, S 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택된 하나 이상의 헤테로 원자로 치환된 것을 의미한다.

[0026] 하나의 예시적인 실시형태에서, 화학식 1에서 R₁ 내지 R₆를 각각 구성하는 방향족 작용기 및 헤테로 방향족 작용기는 각각 독립적으로 C₆~C₃₀ 아릴기, C₃~C₃₀ 헤테로 아릴기, C₆~C₃₀ 아릴 알킬기, C₃~C₃₀ 헤테로 아릴 알킬기, C₆~C₃₀ 아릴옥시기, C₃~C₃₀ 헤테로 아릴옥시기, C₆~C₃₀ 아릴 아미노기 및 C₃~C₃₀ 헤테로 아릴 아미노기를 포함할 수 있다.

[0027] 예를 들어, 화학식 1의 R₁ 내지 R₆를 각각 구성하거나, 이들 작용기에 치환될 수 있는 C₆~C₃₀ 아릴기는 페닐기, 바이페닐기, 터페닐기, 테트라페닐기, 나프틸기, 안트라세닐기, 인데닐기, 페날레닐기, 페난트레닐기, 아줄레닐기, 콰이레닐기, 플루오레닐기, 테트라세닐기, 인다세닐기 또는 스페이로 플루오레닐기와 같은 축합되지 않거나 축합된(fused) 아릴기일 수 있다.

[0028] 한편, 화학식 1의 R₁ 내지 R₆를 각각 구성하거나, 이들 작용기에 치환될 수 있는 C₃~C₃₀ 헤테로 아릴기는 퓨라닐기, 티오펜기, 피롤릴기, 피리디닐기, 피리미디닐기, 피라지닐기, 피리다지닐기, 트리아지닐기, 테트라지닐기, 이미다졸일기, 피라졸일기, 인돌일기, 카바졸일기, 벤조카바졸일기, 디벤조카바졸일기, 인돌로카바졸일기, 인데노카바졸일기, 벤조퓨라노카바졸일기, 벤조티에노카바졸일기, 퀴놀리닐기, 이소퀴놀리닐기, 프탈라지닐기, 퀴놀살리닐기, 시놀리닐기, 퀴나졸리닐기, 벤조퀴놀리닐기, 벤조이소퀴놀리닐기, 벤조퀴나졸리닐기, 벤조퀴놀살리닐기, 아크리디닐기, 페난트롤리닐기, 퓨라닐기, 피라닐기, 옥사지닐기, 옥사졸일기, 이소옥사졸일기, 옥사디아졸일기, 트리아졸일기, 디옥시닐기, 벤조퓨라닐기, 디벤조퓨라닐기, 티오피라닐기, 티아지닐기, 티오펜기, 벤조티오펜기, 디벤조티오펜기, 티아졸일기, 이소티아졸일기, 잔텐 등과 연결된 스페이로 아크리디닐기, 1개 이상의 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 디하이드로아크리디닐기와 같은 축합되지 않거나 축합된 헤테로 아릴기일 수 있다.

[0029] 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물은 반치폭이 협소한 벤조-다이피로메텐 모이어티와, 적어도 하나의 질소 원자와, 하나의 산소 또는 황 원자를 가지는 축합 헤테로 방향족 모이어티를 갖는다. 보론-다이피로메텐 모이어티와 축합 헤테로 방향족 모이어티는 상대적으로 작은 관상 구조를 가지고 있어서, 인접 분자 사이에서 중첩 영역이 적고, 보론-다이피로메텐 모이어티에 작용기가 연결되면서 인접한 분자 사이의 거리가 증가한다.

[0030] Dexter 에너지 전이 메커니즘은 인접한(대략 10 nm 이하) 분자 사이의 전자가 교환되면서 엑시톤 에너지를 전달하는데, 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물을 발광물질층의 최종 발광 물질로 사용하면, 호스트 또는 다른 발광 물질의 삼중항으로부터 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물의 삼중항으로 엑시톤 에너지가 전달되는 Dexter 에너지 전이 메커니즘이 제한된다. 반면, 호스트 또는 다른 발광 물질의 단일항으로부터 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물의 단일항으로 에너지가 전달되는 포스터 공명 에너지 전이(Forster resonance energy transfer, FRET) 메커니즘에 의하여 엑시톤 에너지가 전달될 확률이 증가한다.

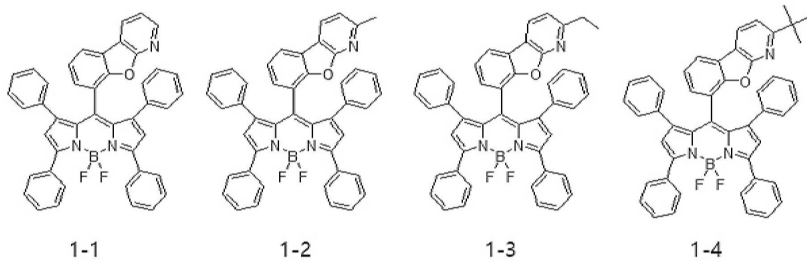
[0031] 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물은 형광 물질이기 때문에 삼중항 엑시톤을 활용할 수 없다. Dexter 에너지 전이 메커니즘에 의해 전달되는 삼중항 엑시톤 에너지는 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물의 발광에 기여할 수 없다. 하지만, FRET 메커니즘에 의해 전달되는 단일항 엑시톤 에너지는 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물의 발광에 기여할 수 있다. 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물이 발광하는데 기여하지 못하는 삼중항 엑시톤 에너지가 전달되는 Dexter 전이 메커니즘이 제한되고, 단일항-단일항 엑시톤 에너지만을 전달할 수 있는 FRET 메커니즘에 따라 엑시톤 에너지가 전달되면서, 화학식 1에 따른 유기 화합물이 활용하여 발광에 기여할 수 있는 엑시톤 에너지의 양이 증가한다. 이에 따라, 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물을 최종 발광 물질로 사용하면, 유기발광다이오드의 발광 효율과 발광 수명이 향상될 수 있다.

[0032] 예시적인 실시형태에서, 화학식 1에서 R₁ 내지 R₆ 중에서 적어도 4개는 C₁~C₂₀ 알킬기, C₁~C₂₀ 알킬 아미노기, 치환되지 않거나 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₆~C₃₀ 아릴기 및 치환되지 않거나 C₁~C₁₀ 알킬기로 치환된 C₃~C₃₀ 헤테로 아릴기로 구성되는 군에서 선택될 수 있다. 또한, 축합 방향족 고리를 구성하는 A₁ 내지 A₄ 중에서 어느 하나는

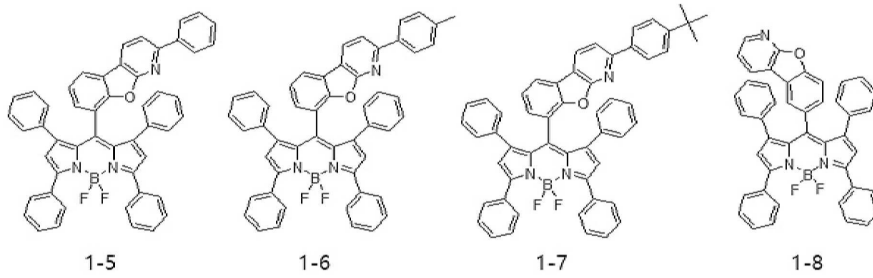
질소원자일 수 있고, 질소 원자에 인접한 적어도 1개의 탄소 원자는 C₁-C₂₀ 알킬기, C₁-C₂₀ 알킬 아미노기, 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₆-C₃₀ 아릴기 및 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₃-C₃₀ 헤테로 아릴기로 치환될 수 있다.

[0033] 일례로, 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물은 적색 파장 대역으로 발광할 수 있다. 적색 파장 대역으로 발광하는 유기 화합물은 최대발광파장(maximum photoluminescence wavelength; PL λ_{max})이 560 nm 초과, 670 nm 이하, 바람직하게는 580 nm 초과, 650 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(maximum Absorbance wavelength; Abs. λ_{max})이 550 nm 초과, 650 nm 이하의 범위, 바람직하게는 560 nm 초과, 630 nm 이하의 범위를 가질 수 있다. 일례로, 적색 파장 대역으로 발광할 수 있는 유기 화합물은 화학식 1에서 R₁ 내지 R₆ 중에서 4개의 작용기, 예를 들어, R₁, R₃, R₄ 및 R₆가 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₆-C₃₀ 아릴기 또는 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₃-C₃₀ 헤테로 아릴기인 유기 화합물을 포함할 수 있다. 이러한 유기 화합물은 하기 화학식 2의 구조를 가지는 어느 하나의 유기 화합물을 포함할 수 있다.

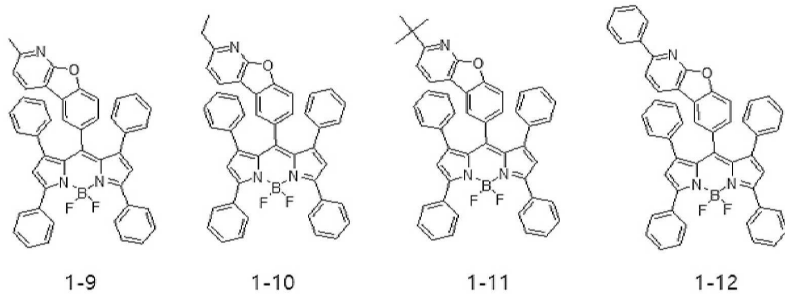
[0034] [화학식 2]



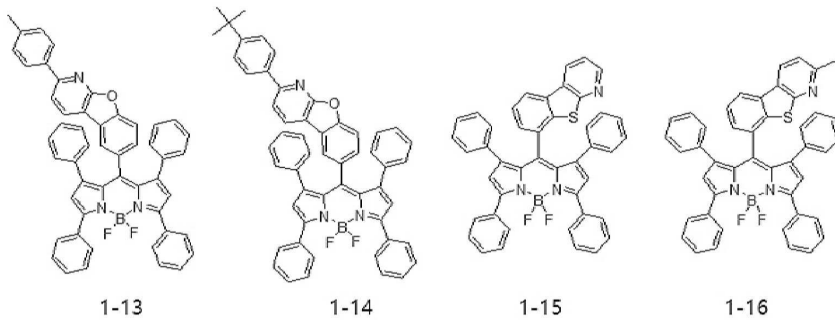
[0035]

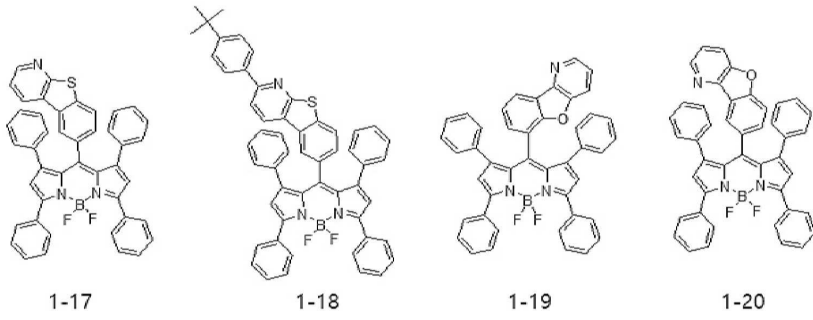


[0036]

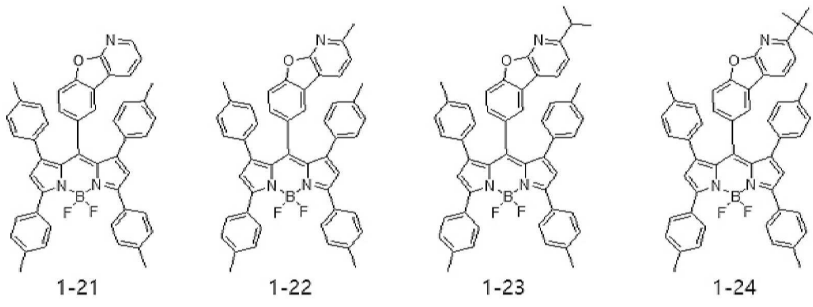


[0037]

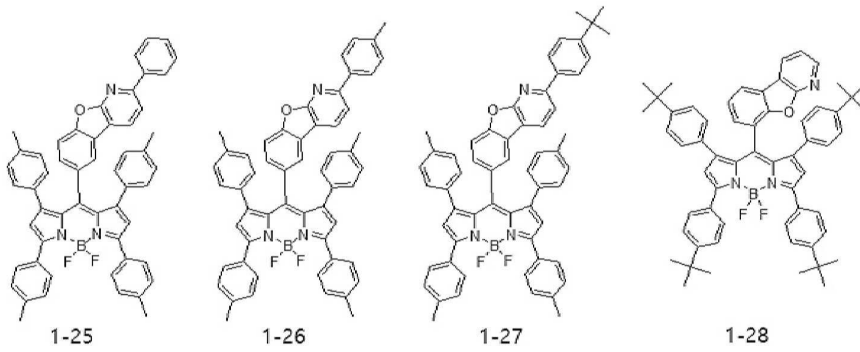




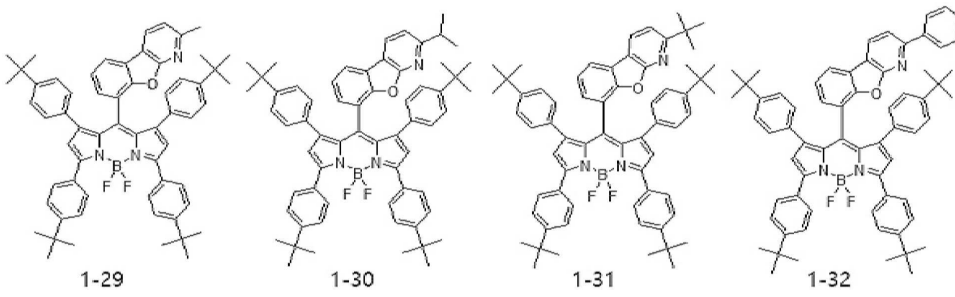
[0039]



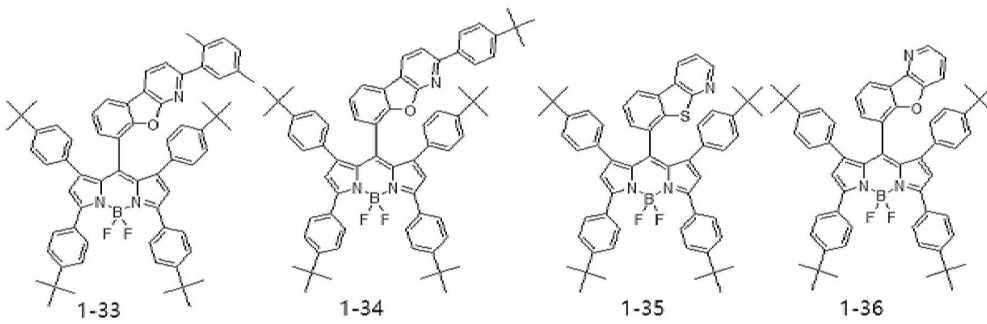
[0040]



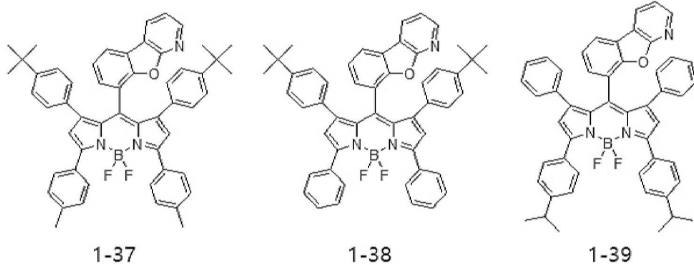
[0041]



[0042]



[0043]



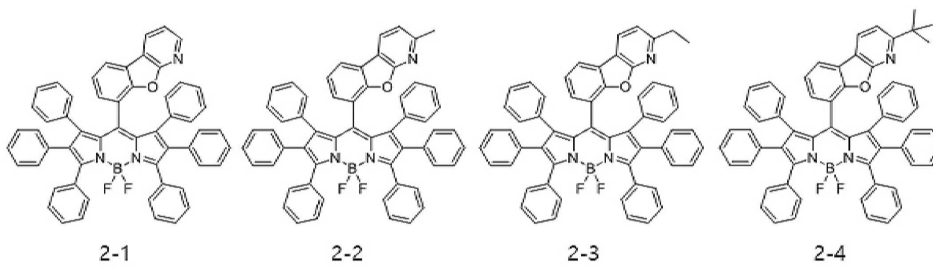
[0044]

[0045]

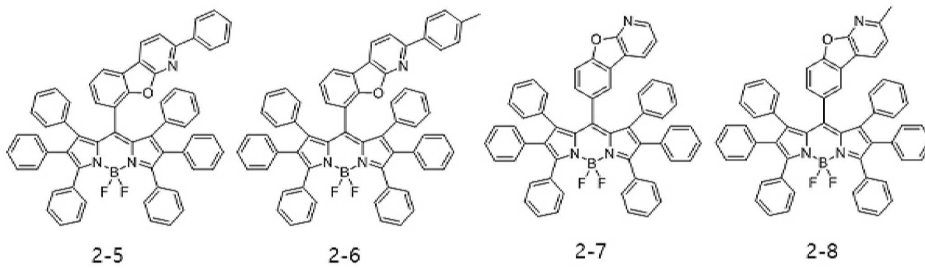
선택적으로, 적색 파장 대역으로 발광하는 유기 화합물은 화학식 1에서 R₁ 내지 R₆ 중에서 적어도 5개의 작용기가 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₆-C₃₀ 아릴기 또는 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기로 치환된 C₃-C₃₀ 헤테로 아릴기인 유기 화합물을 포함할 수 있다. 이러한 유기 화합물은 하기 화학식 3의 구조를 가지는 어느 하나의 유기 화합물을 포함할 수 있다.

[0046]

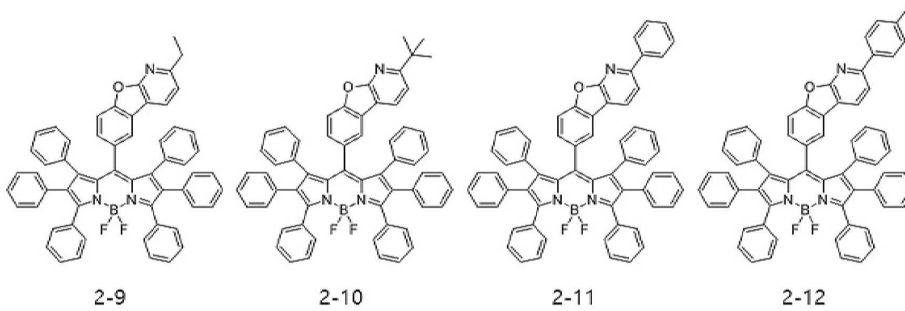
[화학식 3]



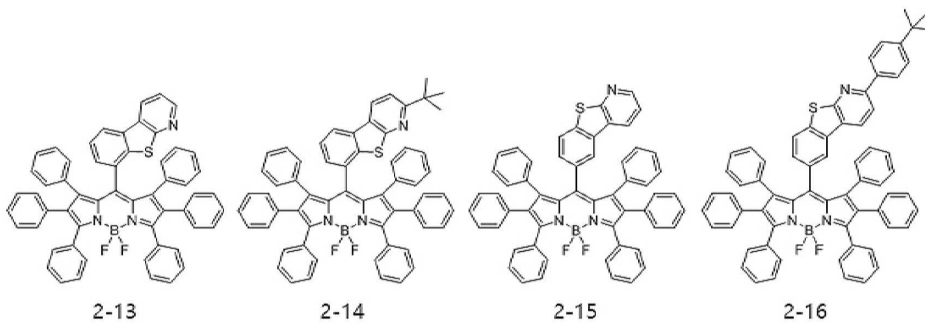
[0047]



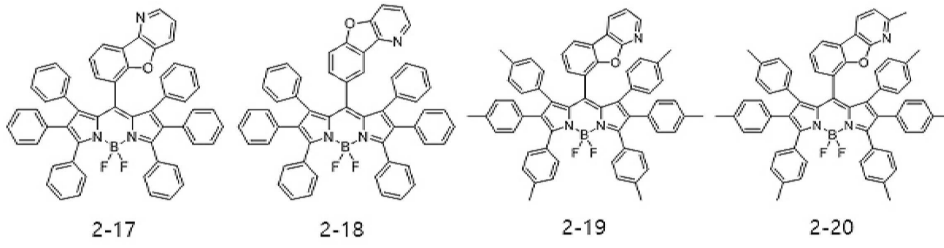
[0048]



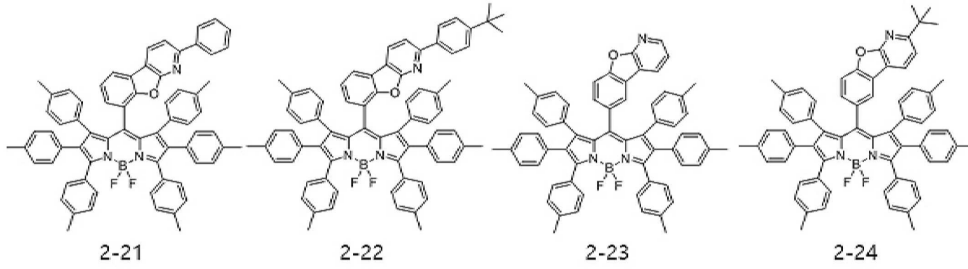
[0049]



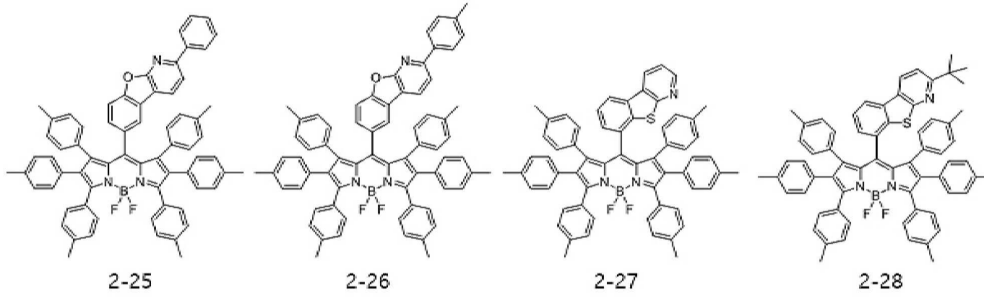
[0050]



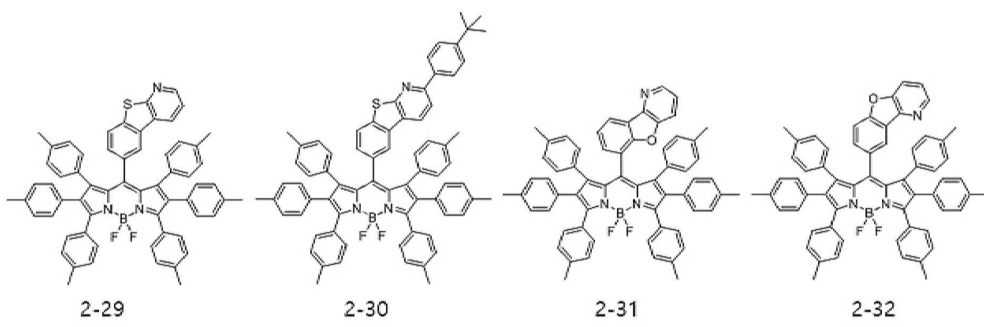
[0051]



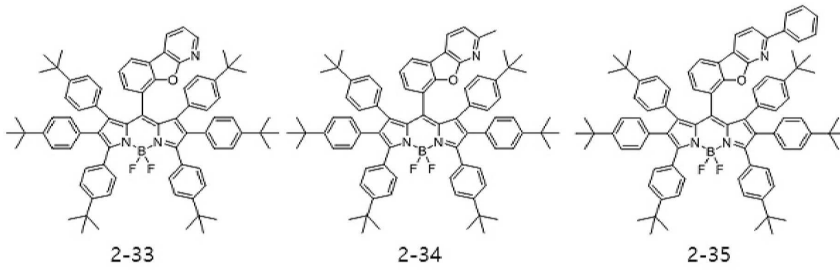
[0052]



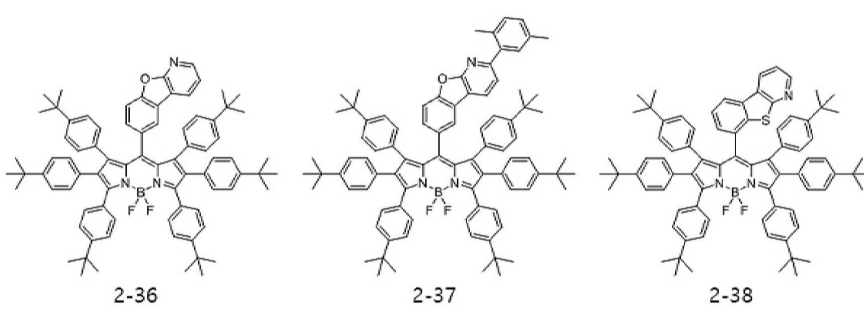
[0053]



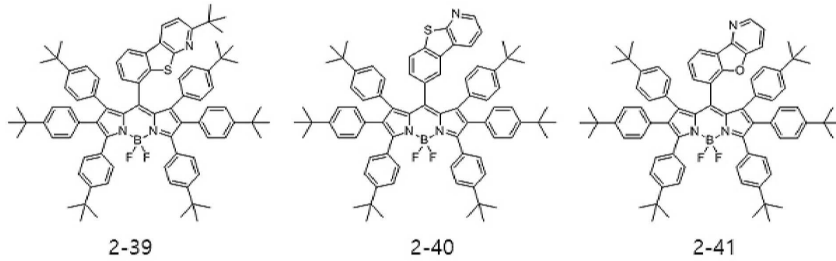
[0054]



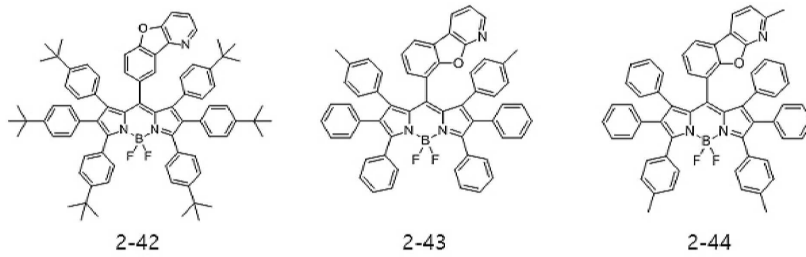
[0055]



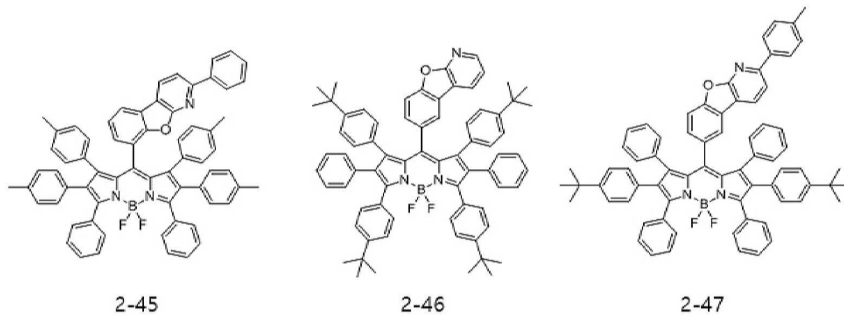
[0056]



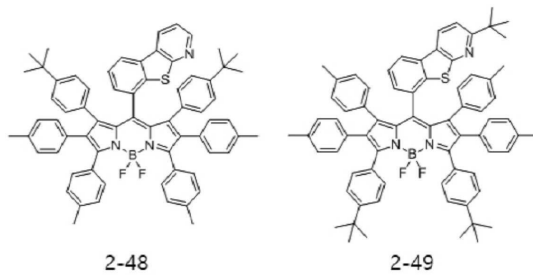
[0057]



[0058]



[0059]



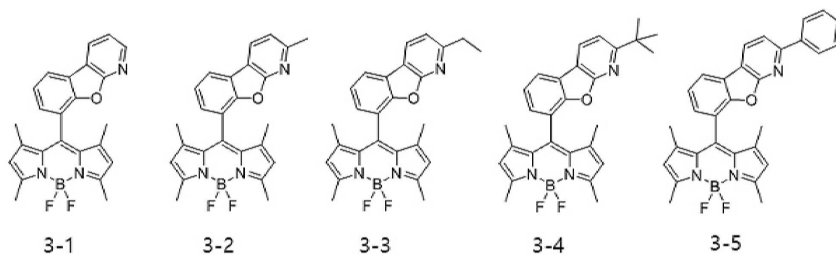
[0060]

[0061]

다른 예시적인 실시형태에서, 화학식 1의 구조를 가지는 유기 화합물은 녹색 파장 대역으로 발광할 수 있다. 녹색 파장 대역으로 발광하는 유기 화합물은 최대발광파장(PL λ_{max})이 500 nm 초과, 560 nm 이하, 바람직하게는 510 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(Abs. λ_{max})이 490 nm 초과, 550 nm 이하의 범위, 바람직하게는 500 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가질 수 있다. 일례로, 녹색 파장 대역으로 발광할 수 있는 유기 화합물은 화학식 1에서 R₁ 내지 R₆ 중에서 4개의 작용기, 예를 들어, R₁, R₃, R₄ 및 R₆가 각각 독립적으로 치환되지 않거나 C₁-C₁₀ 알킬기, 바람직하게는 C₁-C₅ 알킬기 유기 화합물을 포함할 수 있다. 이러한 유기 화합물은 하기 화학식 4의 구조를 가지는 어느 하나의 유기 화합물을 포함할 수 있다.

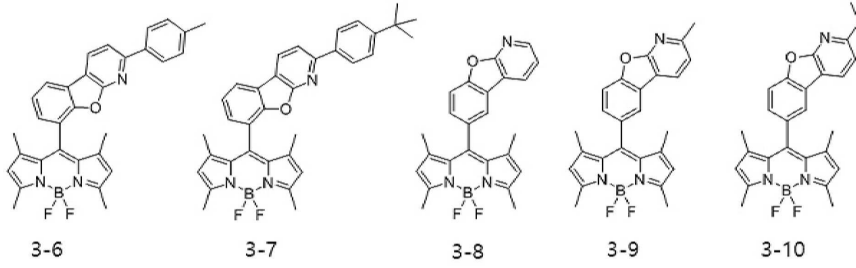
[0062]

[화학식 4]

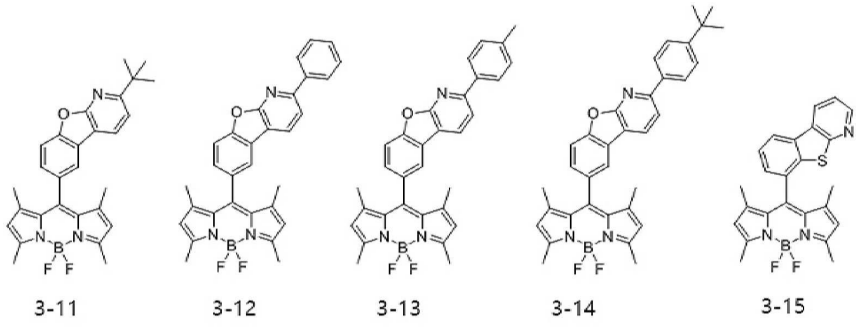


[0063]

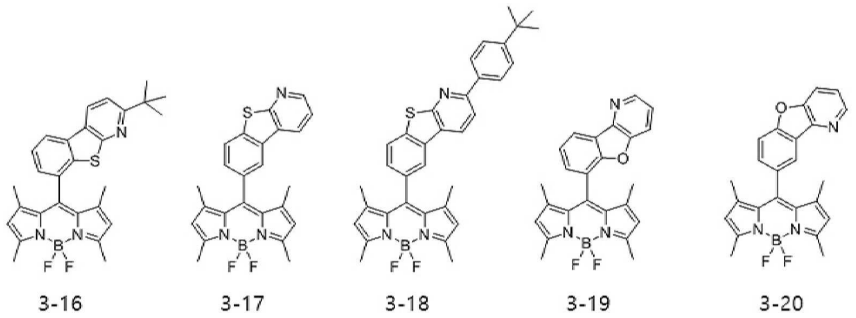
[0064]



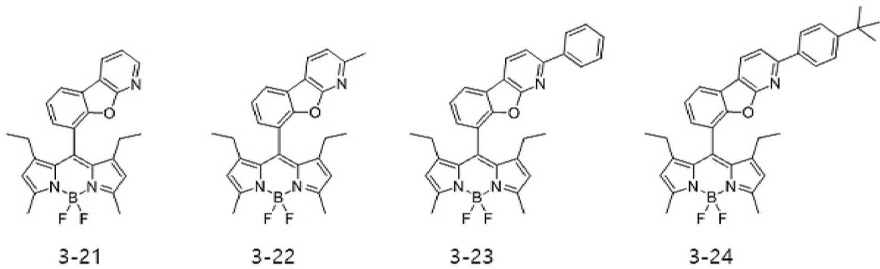
[0065]



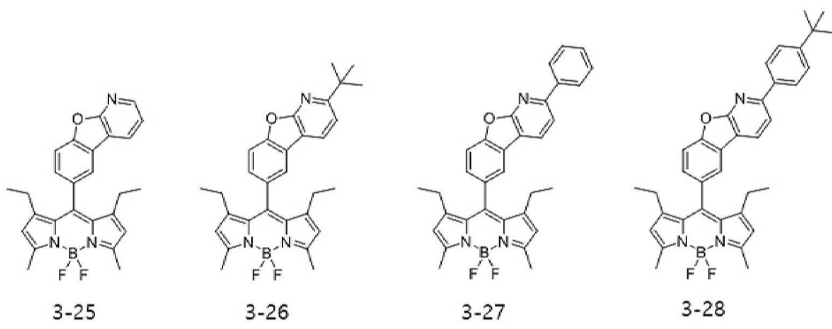
[0066]



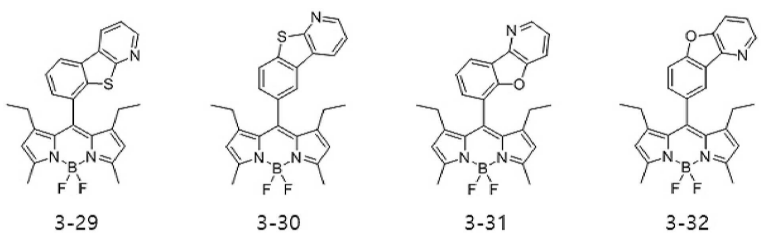
[0067]



[0068]

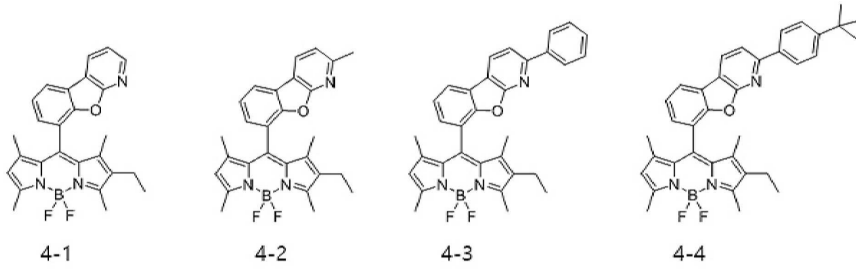


[0069]

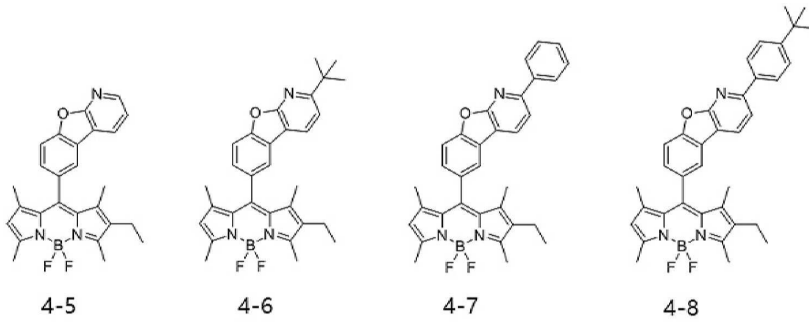


[0070] 선택적으로, 녹색 파장 대역으로 발광하는 유기 화합물은 화학식 1에서 R₁ 내지 R₆ 중에서 적어도 5개의 작용기가 각각 독립적으로 C₁-C₁₀ 알킬기, 바람직하게는 C₁-C₅ 알킬기인 유기 화합물을 포함할 수 있다. 이러한 유기 화합물은 하기 화학식 5의 구조를 가지는 어느 하나의 유기 화합물을 포함할 수 있다.

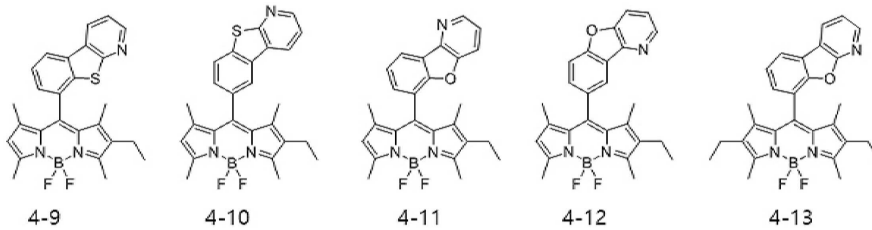
[0071] [화학식 5]



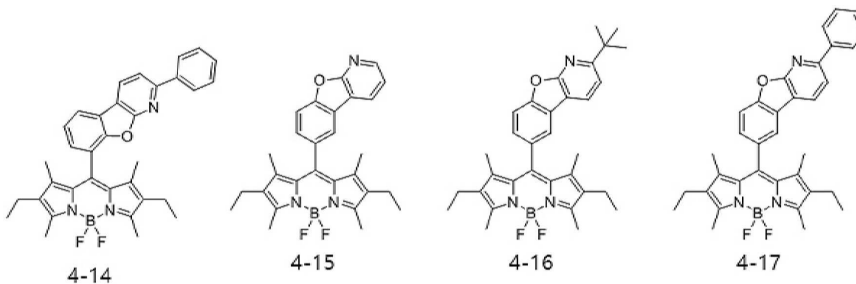
[0072]



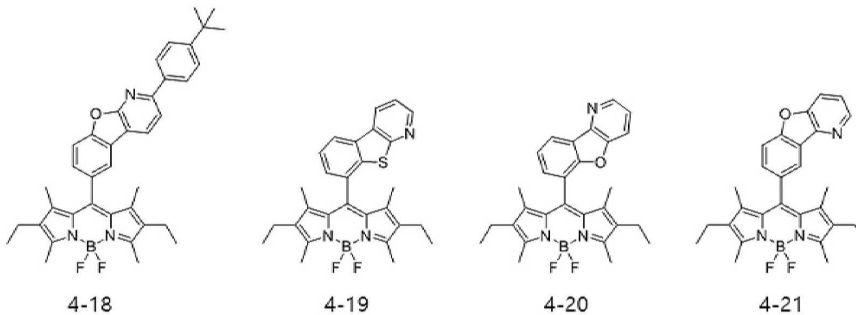
[0073]



[0074]



[0075]



[0076]

[0077] [유기발광장치 및 유기발광다이오드]

[0078] 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물을 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에 적

용하여, 유기발광다이오드의 구동 전압을 낮추고, 고 순도의 발광 컬러를 얻을 수 있고, 발광 효율을 향상시킬 수 있다. 본 발명에 따른 유기발광다이오드는 유기발광표시장치 또는 유기발광조명 장치 등의 유기발광장치에 적용될 수 있다. 본 발명의 유기발광다이오드를 적용한 표시장치에 대해서 설명한다.

- [0079] 도 1은 본 발명에 따른 유기발광표시장치를 개략적으로 나타낸 단면도이다. 도 1에 나타난 바와 같이, 유기발광 표시장치(100)는 기판(110)과, 기판(110) 상부에 위치하는 박막트랜지스터(Tr)와, 평탄화층(150) 상에 위치하며 박막트랜지스터(Tr)에 연결되는 유기발광다이오드(D)를 포함한다.
- [0080] 기판(110)은 유리 기판, 얇은 플렉서블(flexible) 기판 또는 고분자 플라스틱 기판일 수 있다. 예를 들어, 플렉서블 기판은 폴리이미드(polyimide; PI), 폴리에테르술폰(Polyethersulfone; PES), 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphthalate; PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethylene Terephthalate; PET) 및 폴리카보네이트(polycarbonate; PC) 중 어느 하나로 형성될 수 있다. 그 상부에 박막트랜지스터(Tr)와, 유기발광다이오드(D)가 위치하는 기판(110)은 어레이 기판을 이룬다.
- [0081] 기판(110) 상에 버퍼층(122)이 형성되고, 버퍼층(122) 상에 박막트랜지스터(Tr)가 형성된다. 버퍼층(122)은 생략될 수 있다.
- [0082] 버퍼층(122) 상부에 반도체층(120)이 형성된다. 예를 들어, 반도체층(120)은 산화물 반도체 물질로 이루어질 수 있다. 반도체층(120)이 산화물 반도체 물질로 이루어지는 경우, 반도체층(120) 하부에 차광패턴(도시하지 않음)이 형성될 수 있다. 차광패턴은 반도체층(120)으로 빛이 입사되는 것을 방지하여 반도체층(120)이 빛에 의하여 열화되는 것을 방지한다. 선택적으로, 반도체층(120)은 다결정 실리콘으로 이루어질 수도 있으며, 이 경우 반도체층(120)의 양 가장자리에 불순물이 도핑될 수 있다.
- [0083] 반도체층(120)의 상부에는 절연 물질로 이루어진 게이트 절연막(124)이 기판(110) 전면에 형성된다. 게이트 절연막(124)은 실리콘산화물(SiO₂) 또는 실리콘질화물(SiN_x)과 같은 무기 절연 물질로 이루어질 수 있다.
- [0084] 게이트 절연막(124) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 게이트 전극(130)이 반도체층(120)의 중앙에 대응하여 형성된다. 도 1에서 게이트 절연막(122)은 기판(110) 전면에 형성되어 있으나, 게이트 절연막(122)은 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패터닝 될 수도 있다.
- [0085] 게이트 전극(130) 상부에는 절연 물질로 이루어진 층간 절연막(132)이 기판(110) 전면에 형성된다. 층간 절연막(132)은 실리콘산화물(SiO₂) 또는 실리콘질화물(SiN_x)과 같은 무기 절연 물질로 형성되거나, 벤조사이클로부텐(benzocyclobutene)이나 포토 아크릴(photo-acryl)과 같은 유기 절연 물질로 형성될 수 있다.
- [0086] 층간 절연막(132)은 반도체층(120)의 양측 상면을 노출하는 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(134, 136)을 갖는다. 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(134, 136)은 게이트 전극(130)의 양측에서 게이트 전극(130)과 이격되어 위치한다. 여기서, 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(134, 136)은 게이트 절연막(122) 내에도 형성될 수 있다. 선택적으로, 게이트 절연막(122)이 게이트 전극(130)과 동일한 모양으로 패터닝 될 경우, 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(134, 136)은 층간 절연막(132) 내에만 형성된다.
- [0087] 층간 절연막(132) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 소스 전극(144)과 드레인 전극(146)이 형성된다. 소스 전극(144)과 드레인 전극(146)은 게이트 전극(130)을 중심으로 이격되어 위치하며, 각각 제 1 및 제 2 반도체층 컨택홀(134, 136)을 통해 반도체층(120)의 양측과 접촉한다.
- [0088] 반도체층(120), 게이트 전극(130), 소스 전극(154) 및 드레인 전극(156)은 박막트랜지스터(Tr)를 이루며, 박막트랜지스터(Tr)는 구동 소자(driving element)로 기능한다. 도 1에 예시된 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층(120)의 상부에 게이트 전극(130), 소스 전극(154) 및 드레인 전극(156)이 위치하는 코플라나(coplanar) 구조를 가진다. 이와 달리, 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층의 하부에 게이트 전극이 위치하고, 반도체층의 상부에 소스 전극과 드레인 전극이 위치하는 역 스테이지드(inverted staggered) 구조를 가질 수 있다. 이 경우, 반도체층은 비정질 실리콘으로 이루어질 수 있다.
- [0089] 도 1에 도시하지 않았으나, 게이트 배선과 데이터 배선이 서로 교차하여 화소 영역을 정의하며, 게이트 배선과 데이터 배선에 연결되는 스위칭 소자가 더 형성된다. 상기 스위칭 소자는 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)에 연결된다. 또한, 파워 배선이 데이터 배선 또는 데이터 배선과 평행하게 이격되어 형성되며, 일 프레임(frame) 동안 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)의 게이트 전극의 전압을 일정하게 유지되도록 하기 위한 스토리지 캐패시터가 더 구성될 수 있다.

- [0090] 한편, 유기발광표시장치(100)는 유기발광다이오드(D)에서 생성된 빛을 흡수하는 컬러 필터(도시하지 않음)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컬러 필터(도시하지 않음)는 적색(R), 녹색(G) 또는 청색(B) 광을 흡수할 수 있다. 이 경우, 광을 흡수하는 적색, 녹색 및 청색의 컬러 필터 패턴이 각각의 화소 영역에 형성될 수 있다. 컬러 필터(도시하지 않음)를 채택함으로써, 유기발광표시장치(100)는 풀-컬러를 구현할 수 있다.
- [0091] 예를 들어, 유기발광표시장치(100)가 하부 발광 타입인 경우, 유기발광다이오드(D1)에 대응하는 층간 절연막(132) 상부에 광을 흡수하는 컬러 필터(도시하지 않음)가 위치할 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 유기발광표시장치(100)가 상부 발광 타입인 경우, 컬러 필터(도시하지 않음)는 유기발광다이오드(D)의 상부, 즉 제 2 전극(230) 상부에 위치할 수도 있다.
- [0092] 또한, 유기발광표시장치(100)는 유기발광다이오드(D)에서 생성된 빛 중에서 특정 파장 대역의 빛을 장파장의 빛으로 변환하는 색변환층(도시하지 않음)을 포함할 수 있다. 색변환층은 양자점 또는 양자막대와 같은 무기발광 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 색 변환층은 유기발광다이오드(D)의 상부 또는 하부에 배치될 수 있다.
- [0093] 소스 전극(144)과 드레인 전극(146) 상부에는 평탄화층(150)이 기판(110) 전면에 형성된다. 평탄화층(150)은 상면이 평탄하며, 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(146)을 노출하는 드레인 컨택홀(152)을 갖는다. 여기서, 드레인 컨택홀(152)은 제 2 반도체층 컨택홀(136) 바로 위에 형성된 것으로 도시되어 있으나, 제 2 반도체층 컨택홀(136)과 이격되어 형성될 수도 있다.
- [0094] 유기발광다이오드(D)는 평탄화층(150) 상에 위치하며 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(146)에 연결되는 제 1 전극(210)과, 제 1 전극(210) 상에 순차 적층되는 발광 유닛(220) 및 제 2 전극(230)을 포함한다.
- [0095] 1 전극(210)은 각각의 화소영역 별로 분리되어 형성된다. 제 1 전극(210)은 양극(anode)일 수 있으며, 일함수(work function) 값이 비교적 큰 도전성 물질, 예를 들어 투명 도전성 산화물(transparent conductive oxide; TCO)로 이루어질 수 있다. 구체적으로, 제 1 전극(210)은 인듐-주석-산화물(indium-tin-oxide; ITO), 인듐-아연-산화물(indium-zinc-oxide; IZO), 인듐-주석-아연-산화물(indium-tin-zinc oxide; ITZO), 주석산화물(SnO), 아연산화물(ZnO), 인듐-구리-산화물(indium-copper-oxide; ICO) 및 알루미늄:산화아연(Al:ZnO; AZO)으로 이루어질 수 있다.
- [0096] 한편, 본 발명의 유기발광표시장치(100)가 상부 발광 방식(top-emission type)인 경우, 제 1 전극(210) 하부에는 반사전극 또는 반사층이 더욱 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 반사전극 또는 상기 반사층은 알루미늄-팔라듐-구리(aluminum-palladium-copper: APC) 합금으로 이루어질 수 있다.
- [0097] 또한, 평탄화층(150) 상에는 제 1 전극(210)의 가장자리를 덮는 बैं크층(160)이 형성된다. बैं크층(160)은 화소 영역에 대응하여 제 1 전극(210)의 중앙을 노출한다.
- [0098] 제 1 전극(210) 상에는 발광 유닛일 수 있는 발광층(220)이 형성된다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 발광층(220)은 발광물질층(emitting material layer; EML)의 단층 구조를 가질 수 있다. 이와 달리, 발광층(220)은 발광물질층 이외에도, 다수의 전하이동층을 가질 수 있다. 일례로, 발광층(220)은 정공주입층(hole injection layer; HIL), 정공수송층(hole transport layer; HTL), 전자차단층(electron blocking layer; EBL), 정공차단층(hole blocking layer; HBL), 전자수송층(electron transport layer; ETL) 및/또는 전자주입층(electron injection layer; EIL)을 포함할 수 있다(도 2, 4, 7 및 9 참조). 또한 발광층(220)은 단층으로 이루어질 수도 있고, 2개 이상의 발광층이 탠덤 구조를 형성할 수도 있다.
- [0099] 이때, 발광층(220)은 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물을 포함한다. 일례로, 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물은 발광물질층의 도펀트로 이용될 수 있고, 발광물질층은 호스트 및 필요에 따라 다른 발광 물질을 포함할 수 있다.
- [0100] 발광층(220)이 형성된 기판(110) 상부로 제 2 전극(230)이 형성된다. 제 2 전극(230)은 표시 영역의 전면에 위치하며 일함수 값이 비교적 작은 도전성 물질로 이루어져 음극(cathode)으로 이용될 수 있다. 예를 들어, 제 2 전극(230)은 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 은(Ag), 또는 이들의 합금이나 조합과 같은 반사 특성이 좋은 소재로 이루어질 수 있다.
- [0101] 제 2 전극(230) 상에는, 외부 수분이 유기발광다이오드(D)로 침투하는 것을 방지하기 위해, 인캡슐레이션 필름(encapsulation film, 170)이 형성된다. 인캡슐레이션 필름(170)은 제 1 무기 절연층(172)과, 유기 절연층(174)과, 제 2 무기 절연층(176)의 적층 구조를 가질 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.
- [0102] 인캡슐레이션 필름(170) 상에는 외부광의 반사를 줄이기 위한 편광판(도시하지 않음)이 부착될 수 있다. 예를

들어, 편광판(도시하지 않음)은 원형 편광판일 수 있다. 또한, 인캡슐레이션 필름(170) 또는 편광판(도시하지 않음) 상에 커버 윈도우(도시하지 않음)가 부착될 수 있다. 이때, 기관(110)과 커버 윈도우(도시하지 않음)가 플렉서블 소재로 이루어진 경우, 플렉서블 표시장치를 구성할 수 있다.

- [0103] 계속해서, 본 발명에 따른 유기 화합물이 적용될 수 있는 유기발광다이오드에 대해서 구체적으로 설명한다. 도 2는 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 개략적으로 나타낸 단면도이다.
- [0104] 도 2에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시형태에 따른 유기발광다이오드(D1)는 서로 마주하는 제 1 전극(210) 및 제 2 전극(230)과, 제 1 및 제 2 전극(210, 230) 사이에 위치하는 발광층(220)을 포함한다. 예시적인 실시형태에서, 발광층으로서의 발광층(220)은 제 1 및 제 2 전극(210, 230) 사이에 위치하는 발광물질층(EML, 240)을 포함한다. 또한, 발광층(220)은 제 1 전극(210)과 발광물질층(240) 사이에서 순차적으로 적층되는 정공주입층(HIL, 250), 정공수송층(HTL, 260)과, 발광물질층(240)과 제 2 전극(230) 사이에서 순차적으로 적층되는 전자수송층(ETL, 270) 및 전자주입층(EIL, 280)을 포함한다. 선택적으로, 발광층(220)은 정공수송층(260)과 발광물질층(240) 사이에 위치하는 제 1 엑시톤 차단층인 전자차단층(EBL, 265) 및/또는 발광물질층(240)과 전자수송층(270) 사이에 위치하는 제 2 엑시톤 차단층인 정공차단층(HBL, 275)을 더욱 포함할 수 있다.
- [0105] 제 1 전극(210)은 발광물질층(240)에 정공을 공급하는 양극(anode)일 수 있다. 제 1 전극(210)은 일함수(work function) 값이 비교적 큰 도전성 물질, 예를 들어 투명 도전성 산화물(transparent conductive oxide; TCO)로 형성되는 것이 바람직하다. 예시적인 실시형태에서, 제 1 전극(210)은 인듐-주석-산화물(indium-tin-oxide; ITO), 인듐-아연-산화물(indium-zinc-oxide; IZO), 인듐-주석-아연-산화물(indium-tin-zinc oxide; ITZO), 주석산화물(SnO), 아연산화물(ZnO), 인듐-구리-산화물(indium-copper-oxide; ICO) 및 알루미늄: 산화아연 (Al: ZnO; AZO)으로 이루어질 수 있다.
- [0106] 제 2 전극(230)은 발광물질층(240)에 전자를 공급하는 음극(cathode)일 수 있다. 제 2 전극(230)은 일함수 값이 비교적 작은 도전성 물질, 예를 들어 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 은(Ag), 또는 이들의 합금이나 조합과 같은 반사 특성이 좋은 소재로 이루어질 수 있다.
- [0107] 정공주입층(250)은 제 1 전극(210)과 정공수송층(260) 사이에 위치하며, 무기물인 제 1 전극(210)과 유기물인 정공수송층(260) 사이의 계면 특성을 향상시킨다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 정공주입층(250)은 4,4',4"-Tris(3-methylphenylamino)triphenylamine (MTDATA), 4,4',4"-Tris(N,N-diphenyl-amino)triphenylamine (NATA), 4,4',4"-Tris(N-(naphthalene-1-yl)-N-phenyl-amino)triphenylamine (1T-NATA), 4,4',4"-Tris(N-(naphthalene-2-yl)-N-phenyl-amino)triphenylamine (2T-NATA), copper phthalocyanine (CuPc), tris(4-carbazoyl-9-yl-phenyl)amine (TCTA), N,N'-Diphenyl-N,N'-bis(1-naphthyl)-1,1'-biphenyl-4,4"-diamine (NPB; NPD), 1,4,5,8,9,11-Hexaazatriphenylenehexacarbonitrile (dipyrazino[2,3-f:2'3'-h]quinoxaline-2,3,6,7,10,11-hexacarbonitrile; HAT-CN), 1,3,5-tris[4-(diphenylamino)phenyl]benzene (TDAPB), poly(3,4-ethylenedioxythiophene)polystyrene sulfonate (PEDOT/PSS) 및/또는 N-(biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-(4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl)-9H-fluoren-2-amine 등으로 이루어지는 어느 하나의 화합물로 이루어질 수 있다. 유기발광다이오드(D1)의 특성에 따라 정공주입층(250)은 생략될 수 있다.
- [0108] 정공수송층(260)은 제 1 전극(210)과 발광물질층(240) 사이에서 발광물질층(240)에 인접하여 위치한다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 정공수송층(260)은 N,N'-Diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4"-diamine; TPD), NPB, 4,4'-bis(N-carbazoyl)-1,1'-biphenyl (CBP), poly[N,N'-bis(4-butylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidine] (Poly-TPD), poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4'-(N-(4-sec-butylphenyl)diphenylamine))] (TFB), Di-[4-(N,N-di-p-tolyl-amino)-phenyl]cyclohexane (TAPC), N-(biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-(4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl)-9H-fluoren-2-amine 및/또는 N-(biphenyl-4-yl)-N-(4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl)biphenyl-4-amine 등으로 구성되는 군에서 선택되는 화합물로 이루어질 수 있지만, 이에 한정되지 않는다.
- [0109] 본 발명의 제 1 실시형태에서, 발광물질층(240)은 제 1 화합물과 제 2 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 제 1 화합물은 호스트이고, 제 2 화합물은 형광 물질(제 1 도펀트)일 수 있다. 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물은 발광물질층(240)의 제 2 화합물로 사용될 수 있다. 일례로, 발광물질층(240)은 적색 또는 녹색으로 발광할 수 있다.
- [0110] 발광물질층(260)이 제 1 화합물과, 화학식 1 내지 화학식 6의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물일 수 있는 제 2 화합물을 포함하는 경우, 호스트일 수 있는 제 1 화합물과 형광 도펀트일 수 있는 제 2 화합물의 여기 단일항

및 삼중항 에너지 준위를 조절할 필요가 있다. 도 3은 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에서 발광 물질 사이의 에너지 준위에 따른 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

[0111] 도 3에 개략적으로 도시한 바와 같이, 호스트일 수 있는 제 1 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^H)는 형광 도펀트일 수 있는 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD})보다 높다. 필요한 경우, 제 1 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^H)는 제 2 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{FD})보다 높을 수 있다. 이에 따라, 제 1 화합물에서 생성된 엑시톤 에너지가 제 2 화합물로 전달될 수 있다. 제 1 화합물로부터 제 2 화합물로 엑시톤 에너지를 효율적으로 전달할 수 있도록, 제 1 화합물의 발광 파장 스펙트럼과 제 2 화합물의 흡수 파장 스펙트럼 사이의 중첩(overlap) 영역이 넓은 것이 바람직할 수 있다. 일례로, 제 1 화합물의 최대발광파장(PL λ_{max})은 대략 500 nm 내지 600 nm일 수 있지만, 이에 한정되지 않는다.

[0112] 예시적인 실시형태에서, 발광물질층(240)의 호스트로 사용될 수 있는 제 1 화합물은 9,9'-Diphenyl-9H,9'H-3,3'-bicarbazole (BCzPh), 1,3,5-Tris(carbazole-9-yl)benzene (TCP), TCTA, CBP, 4,4'-Bis(carbazole-9-yl)-2,2'-dimethylbipheyl (CDBP), 2,7-Bis(carbazole-9-yl)-9,9-dimethylfluorene (DMFL-CBP), 2,2',7,7'-Tetrakis(carbazole-9-yl)-9,9-spirofluorene (spiro-CBP), oxybis(2,1-phenylene))bis(diphenylphosphine oxide (DPEPO), 4'-(9H-carbazol-9-yl)biphenyl-3,5-dicarbonitrile (PCzB-2CN), 3'-(9H-carbazol-9-yl)biphenyl-3,5-dicarbonitrile (mCzB-2CN), 3,6-bis(carbazole-9-yl)-9-(2-ethyl-hexyl)-9H-carbazole (TCz1), 9-(3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl)-9H-carbazole-3-carbonitrile (mCP-CN), 3,3'-bis(N-carbazolyl)-1,1'-biphenyl (mCBP), 1,3-Bis(carbazol-9-yl)benzene (mCP), 2,8-bis(diphenylphosphoryl)dibenzothiophene (PPT), 1,3,5-Tri[(3-pyridyl)-phen-3-yl]benzene (TmPyPB), 2,6-di(9H-carbazol-9-yl)pyridine (PYD-2Cz), bis(2-hydroxyphenyl)-pyridineberyllium (Bepp₂), bis(10-hydroxybenzo[h] quinolinato)beryllium (Bebq₂), 1,3,5-tris(1-pyrenyl)benzene (TPB3), 2,8-di(9H-carbazol-9-yl)dibenzothiophene (DCzDBT), 3',5'-di(carbazol-9-yl)-[1,1'-bipheyl]-3,5-dicarbonitrile (DCzTPA), diphenyl-4-triphenylsilylphenylphosphine oxide (TSP01), 9-(9-phenyl-9H-carbazol-6-yl)-9H-carbazole (CCP), 4-(3-(triphenylen-2-yl)phenyl)dibenzo[b,d]thiophene, 9-(4-(9H-carbazol-9-yl)phenyl)-9H-3,9'-bicarbazole, 9-(3-(9H-carbazol-9-yl)phenyl)-9H-3,9'-bicarbazole) 및/또는 9-(6-(9H-carbazol-9-yl)pyridin-3-yl)-9H-3,9'-bicarbazole을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다.

[0113] 발광물질층(240)이 제 1 화합물과 제 2 화합물로 이루어지는 경우, 제 2 화합물은 발광물질층(240) 중에 1 내지 50 중량%, 바람직하게는 1 내지 30 중량%의 비율로 도핑될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0114] 발광물질층(240)과 제 2 전극(230) 사이에는 전자수송층(270)과 전자주입층(280)이 순차적으로 적층된다. 전자수송층(270)을 구성하는 소재는 높은 전자 이동도가 요구되는데, 원활한 전자 수송을 통하여 발광물질층(240)에 전자를 안정적으로 공급한다.

[0115] 하나의 예시적인 실시형태에서, 전자수송층(270)은 옥사디아졸계(oxadiazole-base), 트리아졸계(triazole-base), 페난트롤린계(phenanthroline-base), 벤조사졸계(benzoxazole-based), 벤조티아졸계(benzothiazole-base), 벤즈이미다졸계(benzimidazole-base), 트리아진계(triazine-base) 등의 유도체를 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 전자수송층(270)은 tris-(8-hydroxyquinoline aluminum (Alq₃), 2-biphenyl-4-yl-5-(4-tert-butylphenyl)-1,3,4-oxadiazole (PBD), 스파이로-PBD, lithium quinolate (Liq), 1,3,5-tris(N-phenylbenzimidazol-2-yl)benzene (TPBi), bis(2-methyl-8-quinolinolato-N1,O8)-(1,1'-biphenyl-4-olato)aluminum (BALq), 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (Bphen), 2,9-bis(naphthalene-2-yl)4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (NBphen), 2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline (BCP), 3-(4-biphenyl)-4-phenyl-5-tert-butylphenyl-1,2,4-triazole (TAZ), 4-(naphthalen-1-yl)-3,5-diphenyl-4H-1,2,4-triazole (NTAZ), 1,3,5-tri(p-pyrid-3-yl-phenyl)benzene (TpPyPB), 2,4,6-Tris(3'-(pyridin-3-yl)biphenyl-3-yl)1,3,5-triazine (TmPPPyTz), poly[9,9-bis(3'-((N,N-dimethyl)-N-ethylammonium)-propyl)-2,7-fluorene]-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)] (PFNBr) 및/또는 tris(phenylquinoxaline (TPQ) 등으로 구성되는 군에서 선택될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0116] 전자주입층(280)은 제 2 전극(230)과 전자수송층(270) 사이에 위치하는데, 제 2 전극(230)의 특성을 개선하여

소자의 수명을 개선할 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 전자주입층(280)의 소재로는 LiF, CsF, NaF, BaF₂ 등의 알칼리 할라이드계 물질 및/또는 Liq(lithium quinolate), 리튬 벤조에이트(lithium benzoate), 소듐 스테아레이트(sodium stearate) 등의 유기 금속계 물질이 사용될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

[0117] 한편, 정공이 발광물질층(240)을 제 2 전극(230) 쪽으로 이동하거나, 전자가 발광물질층(240)을 지나 제 1 전극(210) 쪽으로 이동하는 경우, 유기발광다이오드(D1)의 발광 수명과 발광 효율이 감소할 수 있다. 이를 방지하기 위하여, 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따른 유기발광다이오드(D1)는 발광물질층(240)에 인접하여 적어도 1개의 엑시톤 차단층이 위치한다.

[0118] 예를 들어, 본 발명의 제 1 실시형태에 따른 유기발광다이오드(D1)는 정공수송층(260)과 발광물질층(240) 사이에 전자의 이동을 제어, 방지할 수 있는 전자차단층(265)이 위치한다. 일례로, 전자차단층(265)은 TCTA, tris[4-(diethylamino)phenyl]amine, N-(biphenyl-4-yl)-9,9-dimethyl-N-(4-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)phenyl)-9H-fluoren-2-amine, TAPC, MTDATA, mCP, mCBP, CuPc, N,N'-bis[4-[bis(3-methylphenyl)amino]phenyl]-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamine (DNTPD), TDAPB 및/또는 3,6-bis(N-carbazolyl)-N-phenyl-carbazole로 이루어질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0119] 또한, 발광물질층(240)과 전자수송층(270) 사이에 제 2 엑시톤 차단층으로서 정공차단층(275)이 위치하여 발광물질층(240)과 전자수송층(270) 사이에 정공의 이동을 방지한다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 정공차단층(275)의 소재로서 전자수송층(270)에 사용될 수 있는 옥사디아졸계, 트리아졸계, 페난트롤린계, 벤족사졸계, 벤조티아졸계, 벤즈이미다졸계, 트리아진계 등의 유도체 또는 발광물질층(240)의 호스트가 사용될 수 있다.

[0120] 예를 들어, 정공차단층(275)은 발광물질층(240)에 사용된 소재와 비교해서 HOMO 에너지 준위가 낮은 mCBP, BCP, BA1q, Alq3, PBD, 스파이로-PBD, Liq, bis-4,6-(3,5-di-3-pyridylphenyl)-2-methylpyrimidine (B3PYMPM), DPEPO, 9-(6-(9H-carbazol-9-yl)pyridin-3-yl)-9H-3,9'-bicarbazole 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 화합물로 이루어질 수 있다.

[0121] 본 발명의 예시적인 제 1 실시형태에 따르면, 발광물질층(240)은 제 1 화합물과 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물인 제 2 화합물을 포함한다. 전술한 바와 같이, 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 유기 화합물은 판상 구조가 적어서 인접한 분자 사이의 중첩 영역이 제한되고, 인접한 분자 사이의 거리가 증가한다. 이에 따라, 비-발광 소멸되는 삼중항 엑시톤 에너지를 전달하는 Dexter 에너지 전이 메커니즘이 제한되고, FRET 메커니즘에 의하여 제 1 화합물로부터 발광에 기여하는 단일항 엑시톤 에너지가 본 발명의 유기 화합물로 전달될 가능성이 증가한다. 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물을 발광물질층(240)에 도입한 유기발광다이오드(D1)는 저 전압에서 구동할 수 있고, 발광 효율이 향상되며, 색 순도가 향상된다.

[0122] 전술한 본 발명의 제 1 실시형태에서 발광물질층은 호스트일 수 있는 제 1 화합물과 형광 도펀트일 수 있는 제 2 화합물로 이루어진다. 이와 달리, 발광물질층을 구성하는 도펀트는 2종류 이상일 수 있는데, 이에 대해서 설명한다. 도 4는 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 개략적으로 나타낸 단면도이다.

[0123] 도 4에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 제 2 실시형태에 따른 유기발광다이오드(D2)는 서로 마주하는 제 1 전극(210) 및 제 2 전극(230)과, 제 1 및 제 2 전극(210, 230) 사이에 위치하는 발광층(220A)을 포함한다. 예를 들어, 발광층(220A)은 발광물질층(240A)를 포함한다. 그 외에도 발광층(220A)은 제 1 전극(210)과 발광물질층(240A) 사이에 순차적으로 위치하는 정공주입층(250) 및 정공수송층(260)과, 발광물질층(240A) 및 제 2 전극(230) 사이에 순차적으로 위치하는 전자수송층(270) 및 전자주입층(280)을 포함한다. 선택적으로, 발광층(220A)은 정공수송층(260)과 발광물질층(240A) 사이에 위치하는 제 1 엑시톤 차단층인 전자차단층(265) 및/또는 발광물질층(240A)과 전자수송층(270) 사이에 위치하는 제 2 엑시톤 차단층인 정공차단층(275)을 더욱 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 전극(210, 230)과, 발광물질층(240A)을 제외한 발광 유닛(220A)의 나머지 구성은 제 1 실시형태와 실질적으로 동일하다.

[0124] 본 발명의 제 2 실시형태에서, 발광물질층(240A)은 제 1 화합물과, 제 2 화합물과 제 3 화합물을 포함한다. 제 1 화합물은 호스트이고, 제 2 화합물은 형광 물질(제 2 도펀트)이고, 제 3 화합물은 지연형광물질(제 1 도펀트)일 수 있다. 이때, 제 2 화합물은 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물을 포함할 수 있다. 발광물질층(240A)이 지연형광물질을 포함하는 경우, 호스트와 도펀트 사이의 에너지 준위를 조절하여 발광 효율이 더욱 향상된 유기발광다이오드(D2)를 구현할 수 있다.

[0125] 발광물질층에 적용된 발광 물질의 외부양자효율(external quantum efficiency, EQE; η_{ext})은 하기 식(1)로 연산할 수 있다.

$$\eta_{ext} = \eta_{S/T} \times r \times \Phi \times \eta_{out-coupling} \quad (1)$$

[0126] ($\eta_{S/T}$ 는 엑시톤생성효율(singlet/Triplet ratio), r 는 전하 균형 인자(charge balance factor); Φ 는 방사양자효율(radiative quantum efficiency); $\eta_{out-coupling}$ 은 광-추출 효율(out-coupling efficiency)임)

[0127] 엑시톤생성효율($\eta_{S/T}$)은 생성된 엑시톤이 빛의 형태로 전환되는 비율로, 형광 물질의 경우 최대 0.25의 제한적인 값을 갖는다. 이론적으로 정공과 전자가 만나 엑시톤을 형성할 때, 스핀의 배열에 따라 짝스핀(paired spin) 형태인 단일항 엑시톤(singlet exciton)과 홀스핀(unpaired spin) 형태인 삼중항 엑시톤(triplet exciton)이 1:3의 비율로 생성된다. 형광 물질에서는 단일항 엑시톤만이 발광에 참여하고 나머지 75%의 삼중항 엑시톤은 발광에 참여하지 못한다.

[0128] 전하균형인자(r)는 엑시톤을 형성하는 정공과 전자의 균형을 의미하는데, 일반적으로 100%의 1:1 매칭(matching)을 가정하여 '1'의 값을 갖는다. 방사양자효율(Φ)은 실질적인 발광 물질의 발광 효율에 관여하는 값으로, 호스트(host)-도펀트(dopant) 시스템에서는 도펀트의 발광(photoluminescence, PL)에 의존한다.

[0129] 광-추출 효율($\eta_{out-coupling}$)은 발광 물질에서 발광된 빛 중에서 외부로 추출되는 빛의 비율이다. 일반적으로 등방성(isotropic) 형태의 발광 물질을 열-증착하여 박막을 형성할 경우, 개개의 발광 분자는 일정한 방향성을 가지지 않고 무질서한 상태로 존재한다. 이와 같은 무질서한 배열(random orientation) 상태에서의 광-추출 효율은 일반적으로 0.2의 값으로 가정한다. 따라서 식 (1)에 나타난 4개의 인자를 조합하면, 형광 물질을 이용한 유기 발광다이오드의 최대 발광 효율은 약 5%에 불과하다.

[0130] 반면, 인광 물질은 단일항 엑시톤과 삼중항 엑시톤을 모두 빛으로 전환시키는 발광 메커니즘을 가지고 있다. 인광 물질은 단일항 엑시톤을 계간전이(intersystem crossing; ISC)를 통해 삼중항으로 변환시킨다. 따라서 단일항 엑시톤과 삼중항 엑시톤을 모두 사용하는 인광 물질을 사용하는 경우, 형광 물질이 가지는 낮은 발광 효율을 향상시킬 수 있다. 하지만, 특히 청색 인광 물질은 색 순도가 표시장치에 적용하기 어려운 수준이며, 수명 또한 매우 짧아 상용화 수준에 크게 미치지 못하고 있다.

[0131] 종래의 형광 물질 및 인광 물질이 가지는 문제점을 해결하기 위하여 지연형광물질(delayed fluorescent)이 개발되었다. 대표적인 지연형광물질은 열-활성지연형광(thermally activated delayed fluorescence; TADF) 물질이다. 지연형광물질은 전자주개 모이어티와 전자받개 모이어티를 모두 가지고 있어서, 분자내전하이동(intramolecular charge transfer; ICT)이 가능하다. 지연형광물질을 발광물질층의 도펀트로 사용하면, 발광 과정에서 단일항 에너지와 삼중항 에너지를 모두 이용할 수 있다. 도 5는 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에 포함될 수 있는 지연형광물질의 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

[0132] 지연형광물질에서 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})를 가지는 엑시톤과 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})를 가지는 엑시톤은 중간 상태인 ICT 상태로 이동하고, 이로부터 바닥 상태(ground state, S_0)로 전이된다($S_1 \rightarrow ICT \leftarrow T_1$). 종래의 형광 물질은 HOMO와 LUMO가 분자 전체에 퍼져있기 때문에, 단일항 상태와 삼중항 상태 사이의 상호 전환이 불가능하다(선택 규칙, selection rule). 하지만, ICT 상태를 가지는 화합물은 HOMO와 LUMO의 궤도 겹침이 적기 때문에, HOMO 상태의 분자 궤도와 LUMO 상태의 분자 궤도 사이의 상호작용이 작다. 따라서 전자의 스핀 상태 변화가 다른 전자에 영향을 미치지 않게 되고, 분광학 분야에서 정의되는 선택 규칙을 따르지 않는 새로운 전하이동 밴드(charge transfer band, CT band)가 형성된다.

[0133] 다시 말해, 지연형광물질에서 전자받개 모이어티와 전자주개 모이어티가 분자 내에서 이격되어 있기 때문에, 분자 내 쌍극자 모멘트(dipole moment)가 큰 분극 상태로 존재하게 된다. 쌍극자 모멘트가 분극 상태에서 HOMO와 LUMO 상태의 분자 궤도 간의 상호작용이 작아지며, 삼중항 상태와 단일항 상태에서 중간 상태(ICT)로 전이가 가능해진다. ICT 착물은 CT 상태로 여기되고, CT 상태에서는 단일항 상태와 삼중항 상태 사이의 엑시톤 에너지가 교환될 수 있기 때문에, 삼중항 엑시톤이 CT 발광에 기여할 수 있다. 즉, 지연형광물질에서는 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})를 가지는 엑시톤은 물론이고 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})를 가지는 엑시톤이 발광에 참여한다. 따라서 지연형광물질을 포함하는 발광 소자가 구동되면, 열이나 전계에 의하여 25%의 여기 단일항 에너지

준위(S_1^{DF})를 가지는 엑시톤과 75%의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})를 가지는 엑시톤이 CT 상태로 전이되고, CT 상태에서 다시 바닥 상태(S_0)로 떨어지면서 발광이 일어나기 때문에, 내부양자효율은 이론적으로 100%가 된다.

[0135] 삼중항 상태와 단일항 상태에서 모두 에너지 전이가 일어나기 위해서, 지연 형광 물질은 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})와 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})의 차이(ΔE_{ST}^{DF})가 0.3 eV 이하, 예를 들어 0.05 내지 0.3 eV이어야 한다. 단일항 상태와 삼중항 상태의 에너지 차이가 작은 재료는 원래의 단일항 상태의 엑시톤 에너지가 바닥 상태로 떨어지면서 형광을 나타낼 뿐만 아니라, 상온 수준의 열 에너지에 의하여 삼중항 상태에서 에너지가 보다 높은 단일항 상태로 전환(up-conversion)되는 역 계간전이(Reverse Inter System Crossing; RISC)가 일어나고, 단일항 상태가 바닥 상태로 전이되면서 지연 형광을 나타낸다.

[0136] 그런데, 열-활성지연형광물질은 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})와 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF}) 사이의 에너지 밴드갭(ΔE_{ST}^{DF})을 최소화하기 위하여, HOMO와 LUMO 사이의 중첩을 낮추어야 하고, 이를 위해서는 전자주개와 전자받개가 분리된 구조를 가져야 한다.

[0137] HOMO와 LUMO 사이의 낮은 중첩도와, 전자주개와 전자받개가 분리된 구조에서, 여기 상태와 바닥 상태 사이의 분자구조가 큰 뒤틀린 구조를 가지기 때문에, 발광 수명이 짧다. 또한, 추가적인 전하이동 전이(charge transfer transition, CT transition)이 유발된다. CT 발광 메커니즘에 기인하는 발광의 특성 상, 지연형광 물질은 반치폭이 매우 넓은 발광 파장을 가지기 때문에, 색 순도가 저하된다. 즉, 지연 형광 물질은 삼중항 엑시톤을 활용하기 때문에 수명이 낮을 뿐만 아니라, CT 발광 메커니즘에 의하여 발광하기 때문에 반치폭(full width at half maximum, FWHM)이 매우 넓어서 색 순도 측면에서 한계가 있다.

[0138] 지연형광물질이 가지는 한계점을 해결하기 위한 초형광은 단일항 엑시톤 만을 활용할 수 있는 형광 물질의 단일항 엑시톤 생성 비율을 높이기 위하여, 지연형광물질을 이용하여 삼중항 엑시톤을 단일항 엑시톤으로 전환한 후, 이를 형광 물질의 호스트로 활용한다. 전술한 바와 같이, 지연형광물질은 단일항 엑시톤 에너지는 물론이고 삼중항 엑시톤 에너지도 이용할 수 있기 때문에, 지연형광물질의 단일항 및 삼중항 엑시톤 에너지가 방출되면 형광 물질이 이를 흡수하고, 형광 물질에 흡수된 에너지는 100% 단일항 엑시톤만 생성하면서 발광에 활용되어 발광 효율을 향상시킬 수 있다. 이때, 형광 물질에서 최종적으로 발광이 일어나기 때문에, 상대적으로 좁은 반치폭을 가지는 형광 물질을 사용하여 색 순도가 향상될 수 있고, 발광 수명 역시 형광 물질에 의해 결정되므로, 지연형광물질만을 적용한 유기발광다이오드에 비하여 발광 수명 및 안정성이 우수하다.

[0139] 발광물질층(240A)을 구성하는 제 1 내지 제 3 화합물 사이에서 에너지를 효율적으로 전달하기 위해서, 이들 발광 물질 사이의 에너지 준위가 적절하게 조절될 필요가 있다. 도 6은 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에서 발광 물질 사이의 에너지 준위에 따른 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

[0140] 도 6에 개략적으로 나타낸 바와 같이, 제 1 화합물에서 생성된 엑시톤 에너지가 1차적으로 지연형광물질일 수 있는 제 3 화합물로 전이되어 발광할 필요가 있다. 이러한 목적을 위하여, 호스트일 수 있는 제 1 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^H) 및 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^H)는 각각 지연형광물질일 수 있는 제 3 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF}) 및 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})보다 높아야 한다.

[0141] 예를 들어, 제 1 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^H)가 제 3 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})보다 충분히 높지 않은 경우, 제 3 화합물의 삼중항 상태 엑시톤이 제 1 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^H)로 넘어가는 역-전하 이동이 발생한다. 이에 따라 삼중항 엑시톤이 발광할 수 없는 제 1 화합물에서 삼중항 엑시톤이 비-발광 소멸되기 때문에, 지연 형광 물질일 수 있는 제 3 화합물의 삼중항 엑시톤이 발광이 기여하지 못하게 된다. 예를 들어, 제 1 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^H)는 제 3 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})보다 최소 0.5 eV 이상, 예를 들어 0.2 eV 이상 높을 수 있다.

[0142] 한편, 지연 형광을 구현하기 위하여 제 3 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})와 여기 삼중항 에너지 준위

(T_1^{DF})의 차이(ΔE_{ST}^{DF})는 0.3 eV 이하이어야 한다(도 5 참조). 반면, 호스트일 수 있는 제 1 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^H)와 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^H)의 차이 및 형광 물질일 수 있는 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD})와 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{FD})의 차이는 각각 0.3 eV를 초과하고 1.5 eV 이하일 수 있다. 제 1 화합물 및 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위와 여기 삼중항 에너지 준위의 차이가 0.3 eV 이하인 경우, 이들 화합물에서 야기되는 RISC 발광 메커니즘 및 ISC 발광 메커니즘에 의하여 유기발광다이오드(D2)의 발광 수명이 감소할 수 있다.

[0143] 아울러, 호스트일 수 있는 제 1 화합물과 지연형광물질일 수 있는 제 3 화합물의 HOMO 에너지 준위와, LUMO 에너지 준위를 적절하게 조절할 필요가 있다. 일례로, 제 1 화합물의 HOMO 에너지 준위($HOMO^H$)와 제 3 화합물의 HOMO 에너지 준위($HOMO^{DF}$)의 차이($|HOMO^H - HOMO^{DF}|$) 또는 제 1 화합물의 LUMO 에너지 준위($LUMO^H$)와 제 3 화합물의 LUMO 에너지 준위($LUMO^{DF}$)의 차이($|LUMO^H - LUMO^{DF}|$)는 0.5 eV 이하, 예를 들어, 0.1 내지 0.5 eV 이하인 것이 바람직할 수 있다. 이에 따라, 제 1 화합물에서 제 3 화합물로의 전자 이동 효율이 향상되어, 최종적으로 발광 효율을 향상시킬 수 있다.

[0144] 또한, 발광물질층(240A, EML)에서 RISC에 의하여 ICT 착물 상태로 변환된 지연형광물질인 제 3 화합물부터 형광 물질인 제 2 화합물로 엑시톤 에너지를 전이하는 한편, 고효율, 고 색 순도를 가지는 유기발광다이오드를 구현할 필요가 있다. 이러한 유기발광다이오드를 구현하기 위하여, 지연형광물질일 수 있는 제 3 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})는 형광 물질일 수 있는 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(T_1^{FD})보다 높아야 한다. 필요한 경우, 제 3 화합물의 여기 상태 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})는 제 2 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{FD})보다 높다.

[0145] 또한, 지연형광물질인 제 3 화합물로부터 형광 물질인 제 2 화합물로 전달되는 엑시톤 에너지는 크게 FRET 메커니즘과 Dexter 메커니즘에 의하여 일어난다. FRET은 쌍극자-쌍극자 상호작용(dipole-dipole)에 의한 전기장을 통하여 비방사형태(non-radiative)로 엑시톤 에너지가 전달되며, 단일항에서 단일항으로 에너지가 전달된다. 한편, Dexter 에너지 전이는 삼중항에서 삼중항으로 또는 단일항에서 단일항으로 엑시톤 에너지가 전달되는데, 그 과정에서 에너지주개(energy donor)인 지연형광물질과 에너지받개(energy acceptor)인 형광 물질끼리 상호한 직접적으로 전자를 교환한다. Dexter 에너지 전이가 일어나기 위해서는 분자 사이의 거리가 10 Å 미만이어야 한다.

[0146] 전술한 바와 같이, 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 유기 화합물은 종래의 적색 형광 물질과 비교해서 관상 구조가 적고, 인접한 분자 사이의 거리가 증가하면서, 인접한 분자에서 증첩 영역이 감소한다. 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물일 수 있는 제 2 화합물을 발광물질층(240A)에 도입하는 경우, 제 3 화합물에서 생성된 엑시톤 에너지 중에서 제 2 화합물의 형광 발광에 기여할 수 없는 삼중항 엑시톤 에너지 전이를 일으키는 Dexter 에너지 전이 메커니즘은 제한, 최소화되는 반면, 제 3 화합물에서 생성된 엑시톤 에너지 중에서 제 2 화합물의 형광 발광에 기여하는 단일항 엑시톤 에너지 전이를 일으키는 FRET 메커니즘의 확률이 증가한다. 다시 말하면, Dexter 에너지 전이 메커니즘에 의하여 제 2 화합물의 형광 발광에 관여할 수 없는 삼중항 엑시톤 에너지의 손실을 최소화할 수 있다. 제 2 화합물을 도입한 유기발광다이오드(D2)의 구동 전압을 낮추고, 발광 효율 및 색 순도를 향상시켜, 초형광을 구현할 수 있다.

[0147] 즉, 본 발명의 예시적인 제 2 실시형태에 따르면, 지연형광물질일 수 있는 제 3 화합물만을 사용할 경우에 색 순도가 저하되는 것을 방지하기 위하여 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물이 형광 물질로서 발광물질층(240A)에 포함된다. 역 계간전이에 의해 제 3 화합물의 삼중항 에너지가 단일항 에너지로 전환되고, 제 3 화합물의 단일항 에너지는 주로 FRET 메커니즘에 의하여 동일한 발광물질층 내의 형광 물질인 제 2 화합물로 전달되어, 엑시톤 에너지의 손실을 최소화할 수 있다.

[0148] 초형광 메커니즘에서, 최종적으로 발광하는 형광 물질을 포함하는 유기발광다이오드의 발광 효율을 향상시키기 위해서는 지연형광물질에서 형광 물질로의 에너지 전이가 가장 중요하다. 지연형광물질에서 형광 물질로의 에너지 전이 효율을 결정하는 가장 중요한 요소는 지연형광물질의 발광 스펙트럼과, 에너지를 전달받는 형광 물질의 흡수 스펙트럼 사이의 중첩(overlap)이다. 지연형광물질인 제 3 화합물의 발광 스펙트럼 과장파, 형광 물질인

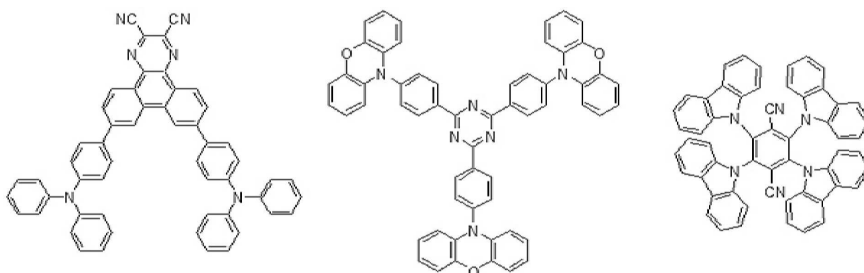
제 2 화합물의 흡수 스펙트럼 파장 사이의 중첩 영역이 증가하면, 제 3 화합물로부터 제 2 화합물로의 엑시톤 에너지 전이 효율이 향상되면서, 유기발광다이오드(D2)의 발광 효율이 향상된다. 또한, CT 발광 메커니즘에 기인하는 제 3 화합물이 아니라, 형광 물질인 제 2 화합물이 여기 상태에서 바닥 상태로 전이되면서 일어나기 때문에, 발광다이오드(D2)의 색 순도를 향상시킬 수 있다.

[0149] 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 2 화합물은 적색 파장 대역에서 발광할 수 있다. 일례로, 제 2 화합물의 최대발광파장(PL λ_{max})은 560 nm 초과, 670 nm 이하, 바람직하게는 580 nm 초과, 650 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(Abs. λ_{max})은 550 nm 초과, 650 nm 이하의 범위, 바람직하게는 560 nm 초과, 630 nm 이하의 범위를 가질 수 있으며, 화학식 2 또는 화학식 3의 구조를 가질 수 있다. 이때, 지연형광물질일 수 있는 제 3 화합물의 최대발광파장(PL λ_{max})은 500 nm 초과, 650 nm 이하, 바람직하게는 550 nm 초과, 630 nm 이하의 범위를 가질 수 있다.

[0150] 제 2 화합물이 적색 파장 대역에서 발광하는 경우, 제 2 화합물로 엑시톤 에너지를 전달하기에 적합한 지연형광물질인 제 3 화합물은 전자받개 모이어티가 시아노기인 벤조니트릴계(benzonitrile-based) 화합물, 전자주개 모이어티가 페녹사진, 방향족 또는 헥테로 방향족 아미노 및 그 유도체이고 전자받개 모이어티가 트리아진 및 유도체인 트리아진계(triazine-based) 화합물 및/또는 퀴녹살린계(quinoxaline-based) 화합물을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다.

[0151] 예를 들어, 적색 발광하는 제 2 화합물과 함께 사용될 수 있는 제 3 화합물인 지연형광물질은 6,11-di(10H-phenoxazin-10-yl)dibenzo[f,h]quinoxaline (ATP-PXZ), 7,10-di(10H-phenoxazin-10-yl)dibenzo[f,h]quinoxaline (m-ATP-PXZ), 10-(4-(4,6-Diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)-10H-phenoxazine (PXZ-TRZ), 10,10'-((6-Phenyl-1,3,5-triazine-2,4-diyl)bis(4,1-phenylene))bis(10H-phenoxazine (bis-PXZ-TRZ), 2,4,6-tris(4-(10H-phenoxazin-10-yl)phenyl)-1,3,5-triazine (tri-PXZ-TRZ), N1-(4-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)-N1-(4-(diphenylamino)phenyl)-N4,N4-diphenylbenzene-1,4-diamine (DPA-TRZ), 2,3,5,6-teterkis(carbazol-9-yl)-1,4-dicyanobenzene (4CzTPN), 2,3,5,6-tetrakis(3,6-diphenylcarbazol-9-yl)-1,4-dicyanobenzene (4CzTPN-Ph), 2,3,5,6-tetra(9H-carbazol-9-yl)isonicotinonitrile (4CzCNPy), 1,3-bis[4-(10H-phenoxazin-10-yl)benzoyl]benzene (mPx2BBP), 10,10'-(sulfonylbis(4,1-phenylene))bis(5-phenyl-5,10-dihydrophenazine) (PPZ-DPS), 5,10-bis(4-(benzo[d]thiazol-2-yl)phenyl)-5,10-dihydrophenazine (DHPZ-2BTZ), 5,10-bis(4-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)phenyl)-5,10-dihydrophenazine (DHPZ-2TRZ) 및/또는 7,10-bis(4-(diphenylamino)phenyl)-2,3-dicyanopyrazino phenanthrene (TPA-DCPP) 등을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다. 하기 화학식 6은 적색 발광하는 제 2 화합물과 함께 사용될 수 있는 제 3 화합물 중에서 일부의 구조를 나타낸다.

[0152] [화학식 6]

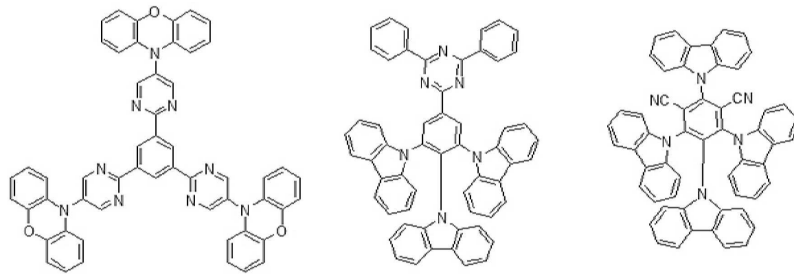


[0153] 다른 예시적인 실시형태에서, 제 2 화합물은 녹색 파장 대역에서 발광할 수 있다. 일례로, 제 2 화합물의 최대발광파장(PL λ_{max})은 500 nm 초과, 560 nm 이하, 바람직하게는 510 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가지며, 최대흡수파장(Abs. λ_{max})은 490 nm 초과, 550 nm 이하의 범위, 바람직하게는 500 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가질 수 있으며, 화학식 4 또는 화학식 5의 구조를 가질 수 있다. 이때, 지연형광물질일 수 있는 제 3 화합물의 최대발광파장(PL λ_{max})은 480 nm 초과, 560 nm 이하, 바람직하게는 500 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가질 수 있다.

[0155] 제 2 화합물이 녹색 파장 대역에서 발광하는 경우, 제 2 화합물로 엑시톤 에너지를 전달하기에 적합한 지연형광물질인 제 3 화합물은 전자받개 모이어티가 시아노기인 벤조니트릴계 화합물, 전자주개 모이어티가 카바졸 및 그 유도체이고 전자받개 모이어티가 트리아진 및 유도체인 트리아진계 화합물 및/또는 전자받개 모이어티가 피

리미딘 및 그 유도체인 피리미딘계(pyrimidine-based) 화합물을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다. 일례로, 녹색 발광하는 제 2 화합물과 함께 사용될 수 있는 제 3 화합물인 지연형광물질은 9,9',9''-(5-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)benzene-1,2,3-triyl)tris(9H-carbazole) (TczTrz), 9,9',9''-(5-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)benzene-1,2,3-triyl)tris(3,6-dimethyl-9H-carbazole) (TmCzTrz), 9,9'-(2-(3,6-dimethyl-9H-carbazol-9-yl)-5-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazin-2-yl)-1,3-phenylene)bis(9H-carbazole)(DCzmCzTrz), 2,4,5,6-tetra(9H-carbazol-9-yl)isophthalonitrile (4CzIPN), 2,4,5,6-tetrakis(3,6-dimethyl-9H-carbazol-9-yl)isophthalonitrile (m-4CzIPN), 2,4,5,6-tetrakis(3,6-di-tert-butyl-9H-carbazol-9-yl)isophthalonitrile (t-4CzIPN), 4,6-bis(4-(10H-phenoxazin-yl)phenyl)pyrimidine (PXZPM), 4,6-bis(4-(10H-phenoxazin-yl)phenyl)-2-methylpyrimidine (PXZMePM), 4,6-bis(4-(10H-phenoxazin-yl)phenyl)2-phenylpyrimidine (PXZPPM), 1,3,5-트리(페녹사진-1-일-피리디)벤젠 등을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다. 하기 화학식 7은 녹색 발광하는 제 2 화합물과 함께 사용될 수 있는 제 3 화합물 중에서 일부의 구조를 나타낸다.

[0156] [화학식 7]



[0157]

[0158] 발광물질층(240A)을 구성하는 제 1 화합물은 전술한 제 1 실시형태에서 사용한 제 1 화합물과 실질적으로 동일할 수 있다. 본 실시형태에 따르면, 발광물질층(240A)에서 제 1 화합물의 중량비는 제 2 및 제 3 화합물의 중량비보다 클 수 있다. 또한, 제 3 화합물의 중량비는 제 2 화합물의 중량비보다 클 수 있다. 일례로, 제 1 화합물의 중량비는 제 3 화합물의 중량비보다 크고, 제 3 화합물의 중량비는 제 2 화합물의 중량비보다 클 수 있다.

[0159] 이 경우, 발광물질층(240A)의 제 3 화합물로부터 제 2 화합물로 FRET 메커니즘에 의한 엑시톤 에너지 전달이 충분히 일어날 수 있다. 발광물질층(240A)이 제 1 화합물과, 제 2 화합물과, 제 3 화합물로 이루어지는 경우, 제 2 및 제 3 화합물은 약 1 내지 50 중량%로 도핑될 수 있다. 예를 들어, 제 3 화합물은 10 내지 50 중량%, 바람직하게는 10 내지 40 중량%의 비율로 도핑되고, 제 2 화합물은 1 내지 10 중량%의 비율로 도핑될 수 있다.

[0160] 전술한 제 1 및 제 2 실시형태에서는 발광물질층이 단층으로 이루어진 유기발광다이오드를 설명하였다. 이와 달리, 본 발명에 따른 유기발광다이오드는 다층의 발광물질층으로 이루어질 수 있다. 도 7은 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 개략적으로 나타낸 단면도이다. 도 7에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 유기발광다이오드(D3)는 서로 마주하는 제 1 전극(310) 및 제 2 전극(330)과, 제 1 및 제 2 전극(310, 330) 사이에 위치하는 발광층(320)을 포함한다. 발광층(320)은 발광물질층(340)을 포함한다. 또한, 발광층(320)은 제 1 전극(310)과 발광물질층(340) 사이에 순차적으로 적층되는 정공주입층(350) 및 정공수송층(360)과, 발광물질층(340)과 제 2 전극(330) 사이에 순차적으로 적층되는 전자수송층(370) 및 전자주입층(380)을 포함한다. 또한, 발광층(320)은 정공수송층(360)과 발광물질층(340) 사이에 위치하는 제 1 엑시톤 차단층인 전자차단층(365) 및/또는 발광물질층(340)과 전자수송층(370) 사이에 위치하는 제 2 엑시톤 차단층인 정공차단층(375)을 더욱 포함할 수 있다. 제 1 및 제 2 전극(310, 330)과, 발광물질층(340)을 제외한 발광층(320)의 나머지 구성은 전술한 제 1 및 제 2 실시형태와 동일할 수 있다.

[0161] 본 실시형태에서, 발광물질층(340)은 전자차단층(365)과 정공차단층(375) 사이에 위치하는 제 1 발광물질층(EML1, 342)과, 제 1 발광물질층(342)과 정공차단층(375) 사이에 위치하는 제 2 발광물질층(EML, 344)을 포함한다. 제 1 발광물질층(342)과 제 2 발광물질층(344) 중에서 어느 하나는 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물인 제 2 화합물(형광 도펀트)을 포함하고, 제 1 발광물질층(342)과 제 2 발광물질층(344) 중에서 어느 하나는 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물을 포함한다. 이하에서는, 제 1 발광물질층(342)이 제 2 화합물을 포함하고, 제 2 발광물질층(344)이 제 5 화합물을 포함하는 경우를 중심으로 후술한다.

[0162] 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에서, 제 1 발광물질층(342)은 제 1 호스트일 수 있는 제 1 화합물과, 형광 도펀트일 수 있으며 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물인 제 2 화합물로 이루어질 수

있다. 그런데, 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물은 반치폭이 협소하기 때문에 색 순도에서 장점이 있지만, 삼중항 엑시톤이 발광에 참여하지 못하기 때문에 양자 효율에 한계가 있다.

[0163] 반면, 제 2 발광물질층(344)은 제 2 호스트일 수 있는 제 4 화합물과, 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물로 이루어진다. 제 2 발광물질층(344)에 포함된 지연형광물질인 제 5 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{TD})와 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{TD})의 차이(ΔE_{ST}^{TD})가 매우 적고(0.3 eV 이하, 도 5 참조), 역 계간전이(RISC)에 의하여 제 5 화합물의 여기 삼중항 엑시톤 에너지가 제 5 화합물의 여기 단일항 엑시톤으로 전환된다. 제 5 화합물은 높은 양자 효율을 가지지만, 반치폭이 넓기 때문에 색 순도가 좋지 않다.

[0164] 하지만, 본 발명의 제 3 실시형태에 따르면, 제 2 발광물질층(344)에 포함된 지연형광물질인 제 5 화합물의 여기 삼중항 엑시톤 에너지로부터 전환된 단일항 엑시톤 에너지를 포함하는 여기 단일항 엑시톤 에너지가 FRET 메커니즘을 통하여 여 인접한 제 1 발광물질층(342)에 포함된 제 2 화합물로 전달되어, 제 2 화합물에서 최종적인 발광이 일어난다. 즉, 역 계간전이 현상에 의해 제 2 발광물질층(344)에 포함된 제 5 화합물의 여기 삼중항 엑시톤 에너지가 여기 단일항 엑시톤 에너지로 전환된다. 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})는 제 1 발광물질층(342)에 포함된 형광 도펀트인 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD})보다 높기 때문에, 제 5 화합물의 여기 단일항 엑시톤 에너지가 제 2 화합물의 여기 단일항에 전달된다(도 8 참조).

[0165] 제 1 발광물질층(342)의 제 2 화합물은 여기 단일항 엑시톤 에너지와 여기 삼중항 엑시톤 에너지 모두를 이용하여 발광하게 된다. 특히, 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물인 제 2 화합물은 분자 구조의 특성 상 Dexter 에너지 전이 메커니즘을 최소화할 수 있기 때문에, 제 5 화합물로부터 제 2 화합물의 엑시톤 에너지는 단일항만을 이용하는 FRET 메커니즘을 통해 주로 일어난다. 삼중항 엑시톤 에너지가 전달됨으로써 야기되는 Dexter 에너지 손실을 방지할 수 있어서, 유기발광다이오드(D3)의 양자 효율이 향상되고, 반치폭이 좁아지면서, 색 순도가 향상된다. 따라서 제 2 발광물질층(344)의 제 5 화합물로부터 생성된 엑시톤 에너지가 제 1 발광물질층(342)의 제 2 화합물로 효율적으로 전달되어, 초형광을 구현할 수 있다.

[0166] 이때, 지연형광물질인 제 5 화합물은 생성된 엑시톤 에너지를 형광 물질인 제 2 화합물로 전달하는 역할을 할 뿐이고, 제 5 화합물을 포함하는 제 2 발광물질층(344)은 발광에 참여하지 않고, 제 2 화합물을 포함하는 제 1 발광물질층(342)에서 발광이 일어난다.

[0167] 한편, 제 1 발광물질층(342) 및 제 2 발광물질층(344)은 각각 제 1 호스트 및 제 2 호스트일 수 있는 제 1 화합물 및 제 4 화합물을 포함한다. 제 1 화합물과 제 4 화합물은 서로 동일하거나 상이할 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 화합물 및 제 4 화합물은 각각 전술한 제 1 및 제 2 실시형태에서 설명한 제 1 화합물과 동일할 수 있다.

[0168] 일례로, 제 1 발광물질층(342)에 포함되는 제 2 화합물은 적색 파장 대역으로 발광할 수 있으며, 화학식 2 또는 화학식 3의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물일 수 있다. 이때, 제 2 발광물질층(344)에 포함되는 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물의 최대발광파장(PL λ_{max})은 500 nm 초과, 650 nm 이하, 바람직하게는 550 nm 초과, 630 nm 이하의 범위를 가질 수 있다. 일례로, 제 5 화합물은 전자받개 모이어티가 시아노기인 벤조니트릴계 화합물, 전자주개 모이어티가 페녹사진, 방향족 또는 헤테로 방향족 아미노 및 그 유도체이고 전자받개 모이어티가 트리아진 및 유도체인 트리아진계 화합물 및/또는 퀴녹살린계(quinoxaline-based) 화합물, 예를 들어 화학식 6의 구조를 가지는 어느 하나의 화합물을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다.

[0169] 선택적으로, 제 1 발광물질층(342)에 포함되는 제 2 화합물은 녹색 파장 대역으로 발광할 수 있으며, 화학식 4 또는 화학식 5의 구조를 가질 수 있다. 이때, 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물의 최대발광파장(PL λ_{max})은 480 nm 초과, 560 nm 이하, 바람직하게는 500 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가질 수 있다. 일례로, 제 5 화합물은 전자받개 모이어티가 시아노기인 벤조니트릴계 화합물, 전자주개 모이어티가 카바졸 및 그 유도체이고 전자받개 모이어티가 트리아진 및 유도체인 트리아진계 화합물 및/또는 전자받개 모이어티가 피리미딘 및 그 유도체인 피리미딘계 화합물, 예를 들어 화학식 7의 구조를 가지는 어느 하나의 화합물을 포함하지만, 이에 한정되지 않는다.

[0170] 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 및 제 2 발광물질층(342, 344) 각각에서, 제 1 화합물 및 제 4 화합물은 각각 제 2 화합물 및 제 5 화합물보다 큰 중량비를 가질 수 있다. 또한, 제 2 발광물질층(344)에서 제 5 화합물

의 중량비는, 제 1 발광물질층(342)에서 제 2 화합물의 중량비보다 클 수 있다. 이에 따라, 제 2 발광물질층(344)의 제 5 화합물로부터 제 1 발광물질층(342)의 제 2 화합물로의 FRET에 의한 엑시톤 에너지 전달이 충분히 일어날 수 있다. 예를 들어, 제 1 발광물질층(342) 중에 제 2 화합물은 1 내지 50 중량%, 바람직하게는 1 내지 30 중량%의 비율로 도핑될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 또한, 제 2 발광물질층(344) 중에 제 5 화합물은 10 내지 50 중량%, 바람직하게는 10 내지 40 중량%의 비율로 도핑될 수 있다.

[0171] 본 발명의 제 3 실시형태에 따라 2개의 발광물질층(342, 344)으로 이루어진 발광물질층(340)에 포함된 발광 물질의 에너지 준위 관계에 대해서 설명한다. 도 8은 본 발명의 예시적인 제 3 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 구성하는 발광물질층에서 발광 물질 사이의 에너지 준위에 따른 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

[0172] 도 8에 개략적으로 나타낸 바와 같이, 제 1 발광물질층(EML1, 342)을 구성하는 제 1 호스트일 수 있는 제 1 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{H1})는 형광 도펀트일 수 있는 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD})보다 높다. 선택적으로, 제 1 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{H1})는 제 2 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{FD})보다 높을 수 있다.

[0173] 또한, 제 2 발광물질층(EML2, 344)을 구성하는 제 2 호스트일 수 있는 제 4 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{H2}) 및 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{H2})는 각각 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF}) 및 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})보다 높다. 아울러, 제 2 발광물질층(EML2, 344)을 구성하는 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})는 제 1 발광물질층(EML1, 342)을 구성하는 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD})보다 높다. 이와 같은 조건을 만족시키지 못하는 경우, 형광 물질인 제 2 화합물 및 지연형광물질인 제 5 화합물에서 비-발광 소멸(quenching)이 일어나거나 호스트에서 도펀트로의 에너지 전달이 일어나지 않아, 유기발광다이오드(D3)의 양자 효율이 저하될 수 있다.

[0174] 이때, 제 2 발광물질층(EML2, 342)에 포함되는 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})와 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})의 차이는 0.3 eV 이하일 수 있다. 또한, 각각 호스트일 수 있는 제 1 및 제 4 화합물의 HOMO 에너지 준위($HOMO^H$)와 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물의 HOMO 에너지 준위($HOMO^{DF}$)의 차이($|HOMO^H - HOMO^{DF}|$) 또는 제 1 및 제 4 화합물의 LUMO 에너지 준위($LUMO^H$)와 제 5 화합물의 LUMO 에너지 준위($LUMO^{DF}$)의 차이($|LUMO^H - LUMO^{DF}|$)는 0.5 eV 이하일 수 있다.

[0175] 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 발광물질층(342, EML1)을 이루는 제 1 화합물은 전자차단층(365)의 물질과 동일한 물질일 수 있다. 이때, 제 1 발광물질층(342, EML1)은 발광 기능과 함께 전자 차단 기능을 동시에 가질 수 있다. 즉, 제 1 발광물질층(342, EML1)은 전자를 차단하기 위한 버퍼층으로 기능한다. 한편, 전자차단층(365)은 생략될 수 있고, 이 경우 제 1 발광물질층(342, EML1)은 발광물질층과 전자차단층으로 이용된다.

[0176] 다른 예시적인 실시형태에 따라, 제 1 발광물질층(342, EML1)이 제 4 화합물 및 지연형광물질인 제 5 화합물을 포함하고, 제 2 발광물질층(344, EML2)이 제 1 화합물 및 형광 물질로서 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물인 제 2 화합물을 포함할 수 있다. 이 경우, 제 2 발광물질층(344, EML2)을 이루는 제 1 화합물은 정공차단층(375)의 물질과 동일한 물질일 수 있다. 이때, 제 2 발광물질층(344, EML2)은 발광 기능과 함께 정공 차단 기능을 동시에 가질 수 있다. 즉, 제 2 발광물질층(344, EML2)은 정공을 차단하기 위한 버퍼층으로 기능한다. 한편, 정공차단층(375)은 생략될 수 있고, 이 경우 제 2 발광물질층(344, EML2)은 발광물질층과 정공차단층으로 이용된다.

[0177] 계속해서, 발광물질층이 3개의 층으로 이루어진 유기발광다이오드에 대해서 설명한다. 도 9는 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 유기발광다이오드를 개략적으로 나타낸 단면도이다. 도 9에 나타낸 바와 같이, 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 유기발광다이오드(D4)는 서로 마주하는 제 1 전극(410) 및 제 2 전극(430)과, 제 1 및 제 2 전극(410, 430) 사이에 위치하는 발광층(420)을 포함한다.

[0178] 예시적인 실시형태에서, 발광층(420)은 3층 구조를 가지는 발광물질층(440)을 포함한다. 발광층(420)은 또한 제

1 전극(410)과 발광물질층(440) 사이에 순차적으로 적층되는 정공주입층(450) 및 정공수송층(460)과, 발광물질층(440)과 제 2 전극(430) 사이에 순차적으로 적층되는 전자수송층(470) 및 전자주입층(480)을 포함한다. 선택적으로, 발광층(420)은 정공수송층(460)과 발광물질층(440) 사이에 위치하는 제 1 엑시톤 차단층인 전자차단층(465) 및/또는 발광물질층(440)과 전자수송층(470) 사이에 위치하는 제 2 엑시톤 차단층인 정공차단층(475)을 더욱 포함할 수 있다. 제 1 전극(410) 및 제 2 전극(430)과, 발광물질층(440)을 제외한 발광층(420)의 나머지 구성은 전술한 제 1 실시형태 및 제 3 실시형태에서 설명한 것과 실질적으로 동일할 수 있다.

[0179] 발광물질층(440)은 전자차단층(464)과 정공차단층(475) 사이에 위치하는 제 1 발광물질층(442)과, 제 1 발광물질층(442)과 정공차단층(475) 사이에 위치하는 제 2 발광물질층(444)과, 제 2 발광물질층(444)과 정공차단층(475) 사이에 위치하는 제 3 발광물질층(446)을 포함한다.

[0180] 제 1 발광물질층(442) 및 제 3 발광물질층(446)은 각각 제 1 형광 물질일 수 있는 제 2 화합물과, 제 2 형광 물질일 수 있는 제 7 화합물을 포함하고, 제 2 발광물질층(444)은 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물을 포함한다. 예를 들어, 제 2 화합물 및 제 7 화합물은 각각 화학식 1 내지 화학식 5의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물일 수 있다. 제 1 내지 제 3 발광물질층(462, 464, 466)은 또한 각각 제 1 호스트 내지 제 3 호스트일 수 있는 제 1 화합물, 제 4 화합물 및 제 6 화합물을 더욱 포함한다.

[0181] 본 실시형태에 따르면, 제 2 발광물질층(444)에 포함된 지연형광물질인 제 5 화합물의 여기 단일항 엑시톤 에너지 및 여기 삼중항 엑시톤 에너지는, FRET을 통하여 인접한 제 1 발광물질층(442) 및 제 2 발광물질층(446)에 각각 포함된 제 2 화합물 및 제 7 화합물로 전달되고, 제 2 및 제 7 화합물에서 각각 최종적인 발광이 일어난다. 즉, 역 계간전이 현상에 의해 제 2 발광물질층(444)에 포함된 제 5 화합물의 여기 삼중항 엑시톤 에너지가 여기 단일항 엑시톤 에너지로 전환된다. 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})는 제 1 및 3 발광물질층(442, 446)에 각각 포함된 제 2 및 제 7 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD1} , S_1^{FD2})보다 높기 때문에, 제 5 화합물의 여기 단일항 엑시톤 에너지가 각각 제 2 및 제 7 화합물의 여기 단일항으로 전달된다(도 10 참조).

[0182] 제 1 및 제 3 발광물질층(442, 446)의 제 1 및 제 7 화합물은 단일항 엑시톤 에너지와 삼중항 엑시톤 에너지 모두를 이용하여 발광한다. 따라서 유기발광다이오드(D4)의 양자 효율이 향상되고, 반치폭이 좁아지면서, 색 순도가 향상된다. 또한, 최종적으로 발광하는 제 1 및 제 2 형광 물질이며, 화학식 1 내지 화학식 6의 구조를 가지는 임의의 유기 화합물인 제 2 및 제 7 화합물은 반치폭이 좁기 때문에, 색 순도가 우수하다. 이때, 지연형광물질인 제 5 화합물은 엑시톤 에너지를 각각 제 1 및 2 형광 도펀트인 제 2 및 제 7 화합물로 전달하는 역할을 할 뿐이고, 제 5 화합물을 포함하는 제 2 발광물질층(444)은 발광에 참여하지 않는다. 제 2 및 제 7 화합물을 각각 포함하는 제 1 및 3 발광물질층(442, 446)에서 발광이 일어난다.

[0183] 한편, 제 1 발광물질층 내지 제 3 발광물질층(442, 444, 446)은 각각 제 1 호스트 내지 제 3 호스트일 수 있는 제 1, 제 4 및 제 6 화합물을 포함한다. 예시적인 실시형태에서, 제 1, 제 4 및 제 6 화합물은 서로 동일하거나 상이할 수 있으며, 전술한 실시형태에서 설명한 제 1 및/또는 제 4 화합물과 동일할 수 있다.

[0184] 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 2 화합물 및 제 7 화합물은 적색 파장 대역에서 발광할 수 있다. 이때, 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물의 최대발광파장($PL \lambda_{max}$)은 500 nm 초과, 650 nm 이하, 바람직하게는 550 nm 초과, 630 nm 이하의 범위를 가질 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 제 2 화합물 및 제 7 화합물은 녹색 파장 대역에서 발광할 수 있다. 이때, 지연형광물질일 수 있는 제 2 화합물의 최대발광파장($PL \lambda_{max}$)은 480 nm 초과, 560 nm 이하, 바람직하게는 500 nm 초과, 550 nm 이하의 범위를 가질 수 있다.

[0185] 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 1 내지 제 3 발광물질층(442, 444, 446) 각각에서, 제 1 내지 제 3 호스트인 제 1, 제 4 및 제 6 화합물은 도펀트인 제 2, 제 5 및 제 7 화합물보다 큰 중량비를 가질 수 있다. 또한, 제 2 발광물질층(444)을 구성하는 지연형광물질인 제 5 화합물의 중량비는, 제 1 발광물질층(442) 및 제 3 발광물질층(446)을 각각 구성하는 제 1 및 제 2 형광 물질일 수 있는 제 2 및 제 7 화합물의 중량비보다 클 수 있다. 이에 따라, 제 2 발광물질층(444)의 제 5 화합물로부터 제 1 및 제 2 발광물질층(442, 446)의 제 2 및 제 7 화합물로의 FRET에 의한 에너지 전달이 충분히 일어날 수 있다.

[0186] 예를 들어, 제 1 발광물질층(442) 및 제 3 발광물질층(446) 중에 제 2 화합물 및 제 7 화합물은 각각 1 내지 50 중량%, 바람직하게는 1 내지 30 중량%의 비율로 도핑될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 또한, 제 2 발광물질층(444) 중에 제 5 화합물은 10 내지 50 중량%, 바람직하게는 10 내지 40 중량%의 비율로 도핑될 수

있다.

[0187] 본 발명의 제 4 실시형태에 따라 3개의 발광물질층(442, 444, 446)으로 이루어진 발광물질층(440)에서 각각의 물질 사이의 에너지 준위 관계에 대해서 설명한다. 도 10은 본 발명의 예시적인 제 4 실시형태에 따른 유기발광 다이오드를 구성하는 발광물질층에서 발광 물질 사이의 에너지 준위에 따른 발광 메커니즘을 개략적으로 나타낸 모식도이다.

[0188] 도 10에 개략적으로 나타낸 바와 같이, 제 1 발광물질층(EML1, 442)을 구성하는 제 1 호스트일 수 있는 제 1 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{H1})는 제 1 형광 물질일 수 있는 제 2 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD1})보다 높다. 또한, 제 3 발광물질층(EML3, 446)을 구성하는 제 3 호스트일 수 있는 제 6 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{H3})는 제 2 형광 물질일 수 있는 제 7 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD2})보다 높다. 선택적으로, 제 1 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{H1}) 및 제 6 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{H2})는 각각 제 2 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{D1}) 및 제 7 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{FD2})보다 높을 수 있다.

[0189] 또한, 제 2 발광물질층(EML2, 444)을 구성하는 제 2 호스트일 수 있는 제 4 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{H2}) 및 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{H2})는 각각 지연형광물질일 수 있는 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF}) 및 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})보다 높다. 또한, 제 1 및 제 3 발광물질층(EML1, EML3)을 각각 구성하는 제 1 및 제 6 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{H1} , T_1^{H3})는 각각 제 2 발광물질층(EML2)을 구성하는 제 5 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})보다 높다. 아울러, 지연형광물질인 제 5 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{DF})는 각각 형광 물질인 제 2 및 제 7 화합물의 여기 단일항 에너지 준위(S_1^{FD1} , S_1^{FD2})보다 높다. 필요한 경우, 제 5 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{DF})는 제 2 및 제 7 화합물의 여기 삼중항 에너지 준위(T_1^{FD1} , T_1^{FD2})보다 높을 수 있다.

[0190] 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 발광물질층(442, EML1)을 이루는 제 1 화합물은 전자차단층(465)의 물질과 동일한 물질일 수 있다. 이때, 제 1 발광물질층(442, EML1)은 발광 기능과 함께 전자 차단 기능을 동시에 가질 수 있다. 즉, 제 1 발광물질층(442, EML1)은 전자를 차단하기 위한 버퍼층으로 기능한다. 한편, 전자차단층(465)은 생략될 수 있고, 이 경우 제 1 발광물질층(442, EML1)은 발광물질층과 전자차단층으로 이용된다.

[0191] 한편, 제 6 화합물은 정공차단층(475)의 물질과 동일한 물질일 수 있다. 이때, 제 3 발광물질층(446, EML3)은 발광 기능과 함께 정공 차단 기능을 동시에 가질 수 있다. 즉, 제 3 발광물질층(446, EML3)은 정공을 차단하기 위한 버퍼층으로 기능한다. 한편, 정공차단층(475)은 생략될 수 있고, 이 경우 제 3 발광물질층(446, EML3)은 발광물질층과 정공차단층으로 이용된다.

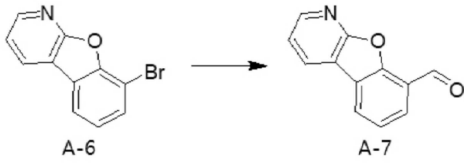
[0192] 다른 예시적인 실시형태에서, 제 1 발광물질층(442, EML1)을 이루는 제 1 화합물은 전자차단층(465)의 물질과 동일한 물질이고, 제 3 발광물질층(446, EML3)을 이루는 제 6 화합물은 정공차단층(475)의 물질과 동일한 물질일 수 있다. 이때, 제 1 발광물질층(442, EML1)은 발광 기능과 함께 전자 차단 기능을 동시에 가지며, 제 3 발광물질층(446, EML3)은 발광 기능과 함께 정공 차단 기능을 동시에 가질 수 있다. 즉, 제 1 발광물질층(442, EML1) 및 제 3 발광물질층(446, EML3)은 각각 전자 차단을 위한 버퍼층과 정공 차단을 위한 버퍼층으로 기능할 수 있다. 한편, 전자차단층(465) 및 정공차단층(475)은 생략될 수 있고, 이 경우 제 1 발광물질층(442, EML1)은 발광물질층과 전자차단층으로 이용되며, 제 3 발광물질층(446, EML3)은 발광물질층과 정공차단층으로 이용된다.

[0193] 이하, 예시적인 실시형태를 통하여 본 발명을 설명하지만, 본 발명이 하기 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되지 않는다.

[0194] 합성예 1: 화합물 1-1의 합성

[0211] (5) 중간체 A-7의 합성

[0212] [반응식 1-5]

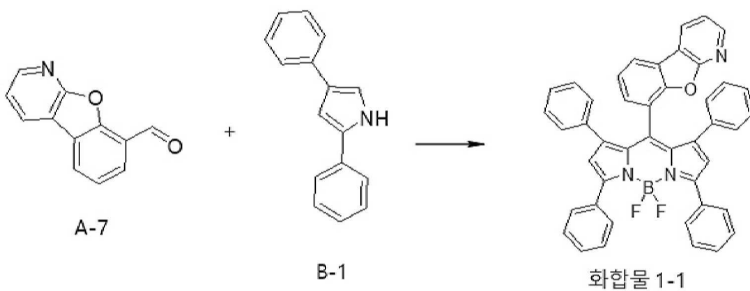


[0213]

[0214] 중간체 A-6 (1 당량)을 tetrahydrofuran에 녹인 후, -78℃로 온도를 낮추었다. n-butyllithium 1.6 M solution in hexane (1.5 당량)을 적가하였다. 0℃로 온도를 올리고, 1시간 후에 다시 -78℃로 온도를 낮춘 후 dimethylformamide (3 당량)을 넣었다. 상온으로 온도를 올리고, DI로 quenching 시킨 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-7을 수득하였다.

[0215] (5) 화합물 1-1의 합성

[0216] [반응식 1-6]



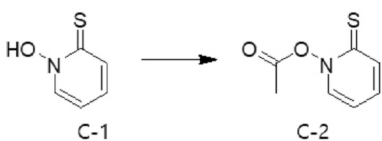
[0217]

[0218] 중간체 A-7 (1 당량), 화합물 B-1 (2.1 당량)을 dichlorometane에 넣고 녹인 후, trifluoroacetic acid 6 방울을 적가하고 상온에서 8시간 교반하였다. p-chloraline (1 당량)을 투입하고 3시간 교반한 후, triethylamine (6 당량)을 투입하고, 20분 뒤에 BF₃Et₂O (9 당량)를 천천히 적가하였다. 상온에서 5시간 교반시켜 반응을 완료하였다. 반응 생성물을 추출한 후 column을 통해 화합물 1-1을 수득하였다.

[0219] 합성예 2: 화합물 1-15의 합성

[0220] (1) 중간체 C-2의 합성

[0221] [반응식 2-1]

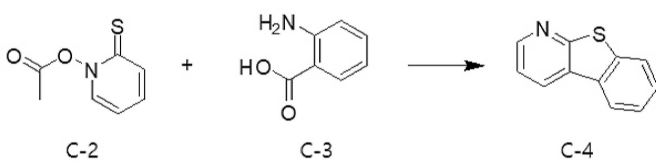


[0222]

[0223] 은박지를 감싼 후, 화합물 C-1 (1 당량)를 dichloromethane에 녹이고, 온도를 0℃로 낮추었다. pyridine (1.1 당량) 및 acetylchloride (0.8 당량)을 넣고 2시간 동안 반응하였다. 추출 후 저온 농축 후 재결정을 통해 중간체 C-2를 수득하였다.

[0224] (2) 중간체 C-4의 합성

[0225] [반응식 2-2]



[0226]

[0227] 은박지로 감싼 후 중간체 C-2 (1 당량) 및 isopentylnitrite (3 당량)을 dichloromethane에 녹인 후 reflux 진행하였다. 화합물 C-3 (1 당량)을 1시간 동안 dropping funnel을 통해 천천히 주입하였다. 3시간 reflux 후 상

온으로 온도를 낮추고, 감압한 후 column을 통해 중간체 C-4를 수득하였다.

[0228] (3) 중간체 C-5의 합성

[0229] [반응식 2-3]

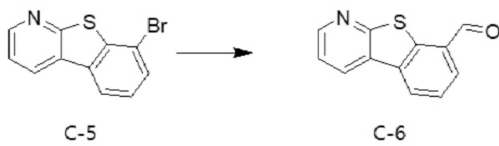


[0230]

[0231] 중간체 C-4를 dichloromethane에 녹인 후, N-bromosuccinimide (1 당량)을 천천히 주입하고 상온에서 3시간 반응시켰다. 반응 종결 후 추출하여 column을 통해 중간체 C-5를 수득하였다.

[0232] (4) 중간체 C-6의 합성

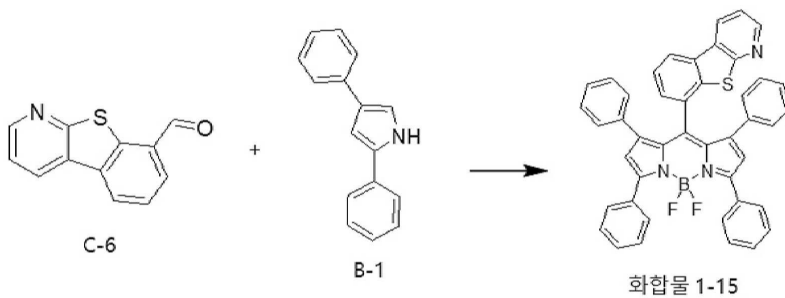
[0233] [반응식 2-4]



[0234]

[0235] 중간체 C-5를 tetrahydrofuran에 녹인 후, -78°C 로 온도를 낮추었다. n-butyllithium 1.6 M solution in hexane (1.5 당량)을 적가하였다. 0°C 로 온도를 상승시키고 1시간 후에 다시 -78°C 로 온도를 낮춘 후 Dimethylformamide (3 당량)을 넣었다. 상온으로 온도를 상승시키고 DI로 quenching 시킨 후, 추출하였다. Column을 통해 중간체 C-6을 수득하였다.

[0236] (5) 화합물 1-15의 합성



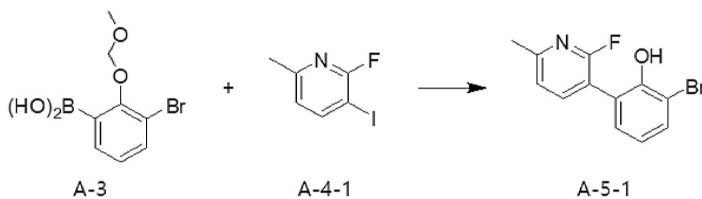
[0237]

[0238] 중간체 C-6 (1 당량), 화합물 B-1 (2.1 당량)을 dichloromethane에 넣고 녹인 후, trifluoroacetic acid 6 방울을 적가한 후 상온에서 8시간 교반하였다. p-chloralaline (1당량)을 투입하고 3시간 교반한 후, triethylamine (6 당량)을 투입 후 20분 뒤에 $\text{BF}_3\text{Et}_2\text{O}$ (9 당량)를 천천히 적가하였다. 상온에서 5시간 교반시켜 반응을 완료하였다. 반응 생성물을 추출한 후 column을 통해 화합물 1-15를 얻었다.

[0239] 합성예 3: 화합물 1-29의 합성

[0240] (1) 중간체 A-5-1의 합성

[0241] [반응식 3-1]



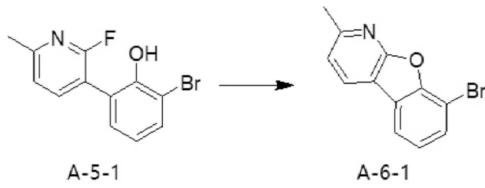
[0242]

[0243] 화합물 A-3 (1 당량)와 화합물 A-4-1 (0.8 당량) 및 $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ (0.02 당량), Na_2CO_3 수용액 (4 당량)을 tetrahydrofuran에 넣어 녹이고 20시간 reflux 반응 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-5-1를

수득하였다.

[0244] (2) 중간체 A-6-1의 합성

[0245] [반응식 3-2]

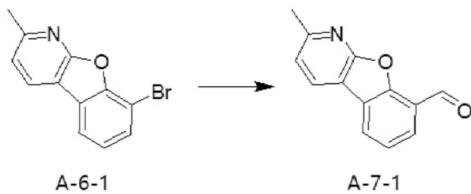


[0246]

[0247] 중간체 A-5-1 (1 당량), K₂CO₃ (2 당량)을 tetrahydrofuran에 넣어 녹이고, 15시간 동안 reflux 반응 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-6-1을 수득하였다.

[0248] (3) 중간체 A-7-1의 합성

[0249] [반응식 3-3]

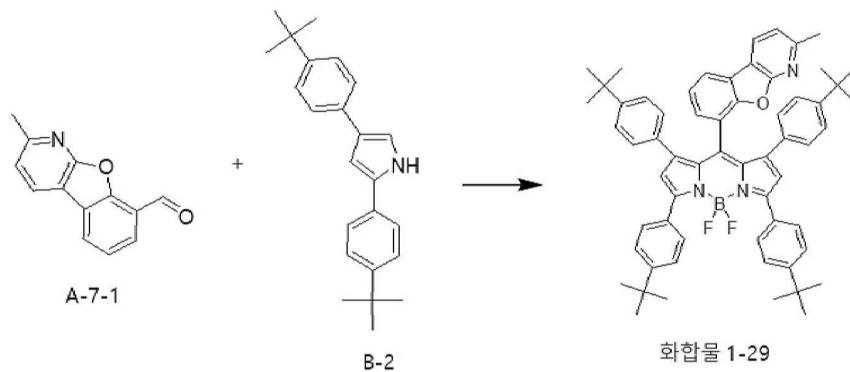


[0250]

[0251] 중간체 A-6-1 (1 당량)을 tetrahydrofuran에 녹인 후, -78°C로 온도를 낮추었다. n-butyllithium 1.6 M solution in hexane (1.5 당량)을 적가하였다. 0°C로 온도를 올리고, 1시간 후에 다시 -78°C로 온도를 낮춘 후 dimethylformamide (3 당량)을 넣었다. 상온으로 온도를 올리고, DI로 quenching 시킨 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-7-1을 수득하였다.

[0252] (4) 화합물 1-29의 합성

[0253] [반응식 3-4]



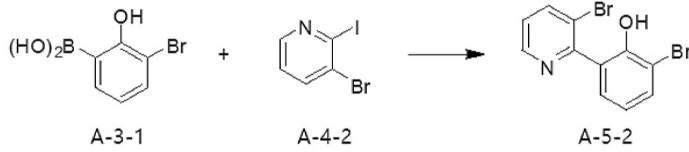
[0254]

[0255] 중간체 A-7-1 (1 당량), 화합물 B-2 (2.1 당량)을 dichlorometane에 넣고 녹인 후, trifluoroacetic acid 6 방울을 적가하고 상온에서 8시간 교반하였다. p-chloralaline (1 당량)을 투입하고 3시간 교반한 후, triethylamine (6 당량)을 투입하고, 20분 뒤에 BF₃Et₂O (9 당량)를 천천히 적가하였다. 상온에서 5시간 교반시켜 반응을 완료하였다. 반응 생성물을 추출한 후 column을 통해 화합물 1-29를 수득하였다.

[0256] 합성예 4: 화합물 1-36의 합성

[0257] (1) 중간체 A-5-2의 합성

[0258] [반응식 4-1]

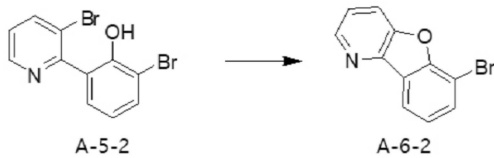


[0259]

[0260] 화합물 A-3-1 (1 당량)와 화합물 A-4-2 (0.8 당량) 및 Pd(PPh₃)₄ (0.02 당량), Na₂CO₃ 수용액 (4 당량)을 toluene/tetrahydrofuran (5/1 volume %)에 넣어 녹이고 2시간 reflux 반응 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-5-2를 수득하였다.

[0261] (2) 중간체 A-6-2의 합성

[0262] [반응식 4-2]

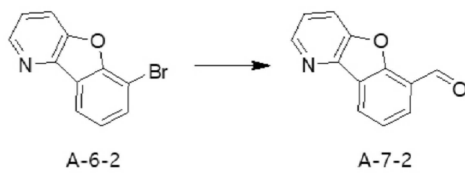


[0263]

[0264] 중간체 A-5-2 (1 당량)에 KOH와 Cu powder를 넣고, 200°C에서 반응시켰다. Column을 통해 중간체 A-6-2를 수득하였다.

[0265] (3) 중간체 A-7-2의 합성

[0266] [반응식 4-3]

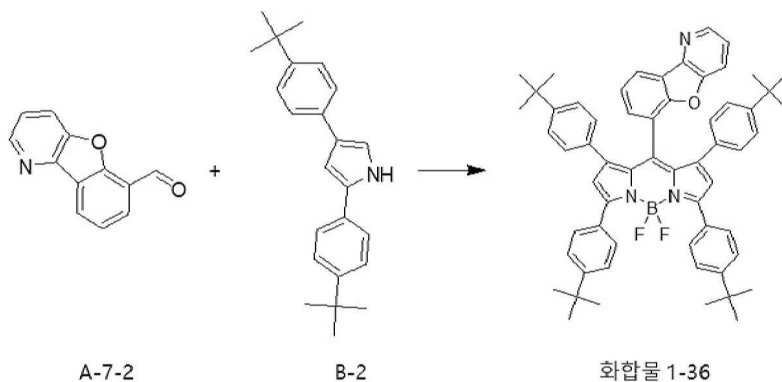


[0267]

[0268] 중간체 A-6-2 (1 당량)을 tetrahydrofuran에 녹인 후, -78°C로 온도를 낮추었다. n-butyllithium 1.6 M solution in hexane (1.5 당량)을 적가하였다. 0°C로 온도를 올리고, 1시간 후에 다시 -78°C로 온도를 낮춘 후 dimethylformamide (3 당량)을 넣었다. 상온으로 온도를 올리고, DI로 quenching 시킨 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-7-2를 수득하였다.

[0269] (4) 화합물 1-36의 합성

[0270] [반응식 4-4]



[0271]

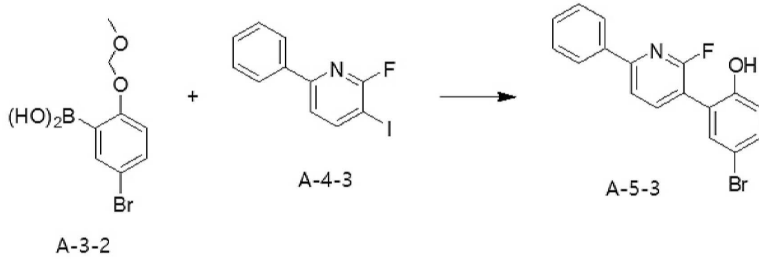
[0272] 중간체 A-7-2 (1 당량), 화합물 B-2 (2.1 당량)을 dichlorometane에 넣고 녹인 후, trifluoroacetic acid 6 방울을 적가하고 상온에서 8시간 교반하였다. p-chloralaline (1 당량)을 투입하고 3시간 교반한 후, triethylamine (6 당량)을 투입하고, 20분 뒤에 BF₃Et₂O (9 당량)를 천천히 적가하였다. 상온에서 5시간 교반시켜 반응을 완료

하였다. 반응 생성물을 추출한 후 column을 통해 화합물 1-36을 수득하였다.

[0273] 합성예 5: 화합물 2-25의 합성

[0274] (1) 중간체 A-5-3의 합성

[0275] [반응식 5-1]

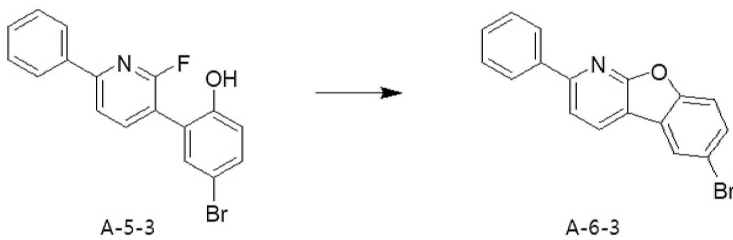


[0276]

[0277] 화합물 A-3-2 (1 당량)와 화합물 A-4-3 (0.8 당량) 및 Pd(PPh₃)₄ (0.02 당량), Na₂CO₃ 수용액 (4 당량)을 tetrahydrofuran에 넣어 녹이고 20시간 reflux 반응 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-5-3을 수득하였다.

[0278] (2) 중간체 A-6-3의 합성

[0279] [반응식 5-2]

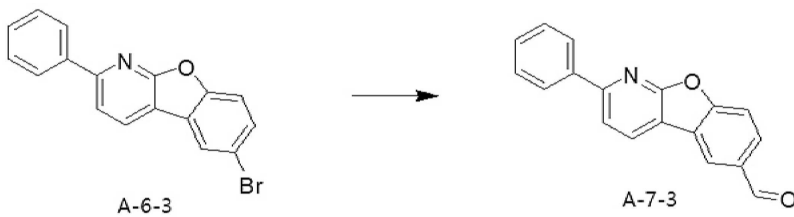


[0280]

[0281] 중간체 A-5-3 (1 당량) 및 K₂CO₃ (2 당량)을 tetrahydrofuran에 넣어 녹이고, 15 시간 동안 reflux 반응 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-6-3을 수득하였다.

[0282] (3) 중간체 A-7-3의 합성

[0283] [반응식 5-3]

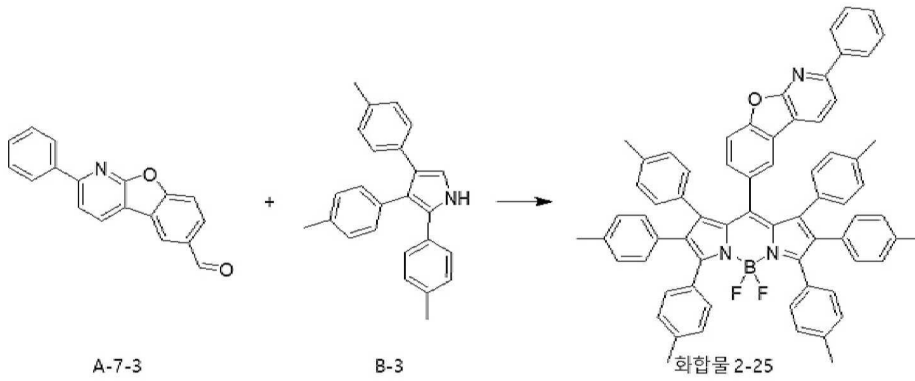


[0284]

[0285] 중간체 A-6-3 (1 당량)을 tetrahydrofuran에 녹인 후, -78℃로 온도를 낮추었다. n-butyllithium 1.6 M solution in hexane (1.5 당량)을 적가하였다. 0℃로 온도를 올리고, 1시간 후에 다시 -78℃로 온도를 낮춘 후 dimethylformamide (3 당량)을 넣었다. 상온으로 온도를 올리고, DI로 quenching 시킨 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-7-3을 수득하였다.

[0286] (4) 화합물 2-25의 합성

[0287] [반응식 5-4]



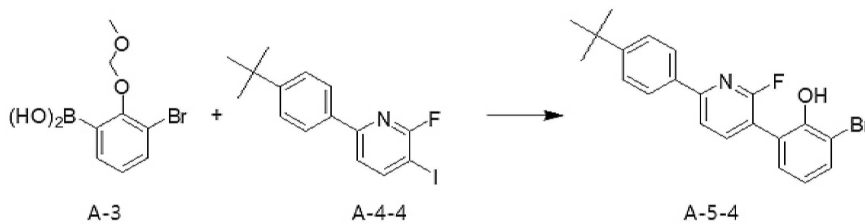
[0288]

[0289] 중간체 A-7-3 (1 당량), 화합물 B-3 (2.1 당량)을 dichlorometane에 넣고 녹인 후, trifluoroacetic acid 6 방울을 적가하고 상온에서 8시간 교반하였다. p-chloralaline (1 당량)을 투입하고 3시간 교반한 후, triethylamine (6 당량)을 투입하고, 20분 뒤에 $\text{BF}_3\text{Et}_2\text{O}$ (9 당량)를 천천히 적가하였다. 상온에서 5시간 교반시켜 반응을 완료하였다. 반응 생성물을 추출한 후 column을 통해 화합물 2-25를 수득하였다.

[0290] 합성예 6: 화합물 3-24의 합성

[0291] (1) 중간체 A-5-4의 합성

[0292] [반응식 6-1]

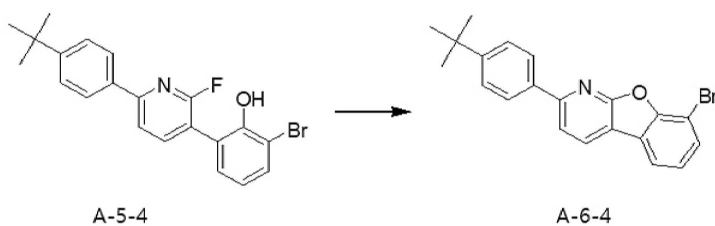


[0293]

[0294] 화합물 A-3 (1 당량)와 화합물 A-4-4 (0.8 당량) 및 $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ (0.02 당량), Na_2CO_3 수용액 (4 당량)을 tetrahydrofuran에 넣어 녹이고 20시간 reflux 반응 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-5-4를 수득하였다.

[0295] (2) 중간체 A-6-4의 합성

[0296] [반응식 6-2]

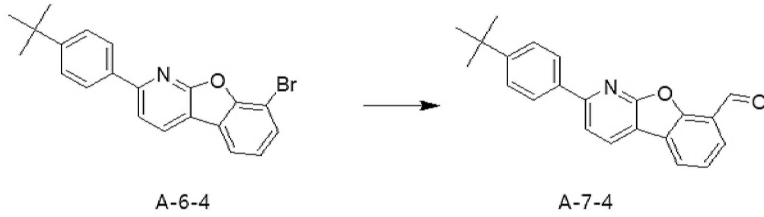


[0297]

[0298] 중간체 A-5-4 (1 당량) 및 K_2CO_3 (2 당량)을 tetrahydrofuran에 넣어 녹이고, 15 시간 동안 reflux 반응 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-6-4를 수득하였다.

[0299] (3) 중간체 A-7-4의 합성

[0300] [반응식 6-3]

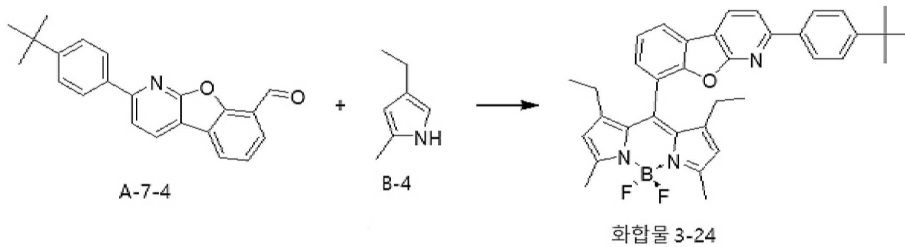


[0301]

[0302] 중간체 A-6-4 (1 당량)을 tetrahydrofuran에 녹인 후, -78℃로 온도를 낮추었다. n-butyllithium 1.6 M solution in hexane (1.5 당량)을 적가하였다. 0℃로 온도를 올리고, 1시간 후에 다시 -78℃로 온도를 낮춘 후 dimethylformamide (3 당량)을 넣었다. 상온으로 온도를 올리고, DI로 quenching 시킨 후 추출하였다. Column을 통해 중간체 A-7-4를 수득하였다.

[0303] (4) 화합물 3-24의 합성

[0304] [반응식 6-4]



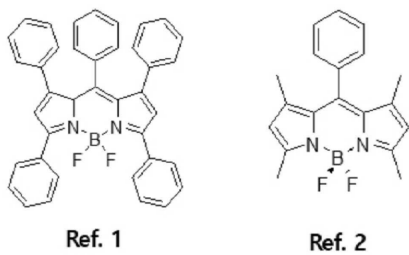
[0305]

[0306] 중간체 A-7-4 (1 당량), 화합물 B-4 (2.1 당량)을 dichlorometane에 넣고 녹인 후, trifluoroacetic acid 6 방울을 적가하고 상온에서 8시간 교반하였다. p-chloralaline (1 당량)을 투입하고 3시간 교반한 후, triethylamine (6 당량)을 투입하고, 20분 뒤에 BF₃Et₂O (9 당량)를 천천히 적가하였다. 상온에서 5시간 교반시켜 반응을 완료하였다. 반응 생성물을 추출한 후 column을 통해 화합물 3-24를 수득하였다.

[0307] 실험예 1: 유기 화합물의 흡수 파장 및 발광 파장 측정

[0308] 합성예 1, 합성예 2, 합성예 5 및 합성예 6에서 각각 합성한 화합물 1-1, 1-15, 2-25, 3-24에 대한 최대흡수파장(maximum absorbance wavelength, Abs. λ_{max}), 최대발광파장(maximum photoluminescence wavelength, PL λ_{max}), 이들 파장 사이의 간격인 Stokes shift 및 발광양자효율(photoluminescence quantum efficiency; PLQY)을 측정하였다. 비교를 위하여, 적색 형광 물질인 하기 하학식의 비교화합물 1(Ref. 1)과 녹색 형광 물질인 하기 화학식의 비교화합물 2(Ref. 2)의 Abs. λ_{max}, PL λ_{max}, Stokes shift 및 PLQY를 측정하였다. 측정 결과를 하기 표 1에 나타낸다. 표 1은 황록색 지연형광물질인 4CzTPN과 녹색 지연형광물질인 4CzIPN의 PL λ_{max}를 또한 나타낸다.

[0309] [비교화합물]



[0310]

[0311] 유기 화합물의 물리적 성질

화합물	Abs. λ_{max}^a (nm)	PL λ_{max}^b (nm)	Stokes Shift	PLQY ^c (%)
Ref. 1	563	600	37	35
1-1	570	604	34	85
1-15	581	615	34	96
2-25	589	625	36	90
4CzTPN	-	575	-	-
Ref. 2	504	514	10	57
3-24	509	524	15	91
4CzIPN	-	540	-	-

^a: toluene에 10⁻⁵ M 농도의 용액 상태에서 UV-Vis spectroscopy를 이용하여 측정;
^b: toluene에 10⁻⁵ M 농도의 용액 상태에서 fluorescence spectroscopy를 이용하여 측정;
^c: toluene에 10⁻⁵ M 농도의 용액 상태에서 Hamamatsu社 Quantarus-QY를 이용하여 측정

[0312] 표 1에 나타난 바와 같이, 합성예에서 합성한 화합물은 비교화합물 1 및 2와 비교해서 발광양자효율이 크게 향상되었다. 특히, 합성예 1, 합성예 2 및 합성예 5에서 합성한 화합물 1-1, 1-15, 2-25은 적색 파장 대역의 최대 발광파장을 가지며, 최대발광파장이 575 nm인 4CzTPN의 발광 파장과 중첩 영역이 넓은 최대흡수파장을 가지고 있다. 반면, 합성예 6에서 합성한 화합물 3-24는 녹색 파장 대역의 최대발광파장을 가지며, 최대발광파장이 540 nm인 4CzIPN의 발광 파장과 중첩 영역이 넓은 최대흡수파장을 가지고 있다. 따라서, 본 발명에 따라 합성한 화합물의 흡수 파장과 중첩 영역이 넓은 발광 파장을 가지는 지연형광물질과 함께 발광물질층을 구성하는 경우, 유기발광다이오드의 색 순도가 우수하고 발광 효율이 향상된 초형광을 구현할 수 있을 것으로 예상되었다.

[0313] 실시예 1: 적색 유기발광다이오드 제조

[0314] 합성예 1에서 합성한 화합물 1-1을 발광물질층의 최종 도펀트로 도입한 유기발광다이오드를 제조하였다. ITO 기판은 사용 전에 UV 오존으로 세척한 다음에 증발 시스템에 적재하였다. 기판 상부에 발광층 및 양극을 적층하기 위하여 ITO 기판을 진공 증착 챔버 내로 이송하였다. 약 10⁻⁶ Torr 진공 상태에서 가열 보트에서 증발시켜 아래와 같은 층들을 순차적으로 적층하였다:

[0315] 정공주입층(HAT-CN, 두께 50 Å); 정공수송층(NPB, 두께 550 Å); 전자차단층(3,6-비스(N-카바졸일)-N-페닐-카바졸, 두께 100 Å), 발광물질층(호스트인 mCBP: 녹색 지연 형광 물질인 4CzTPN: 1-1 = 70 중량%: 29 중량%: 1 중량%, 두께 250 Å), 정공차단층(mCBP, 두께 100 Å); 전자수송층(TPBi, 두께 250 Å); 전자주입층(LiF, 두께 10 Å); 음극(Al, 두께 1000 Å).

[0316] 양극, 발광 유닛 및 음극을 형성한 후, 피막을 형성하기 위하여 증착 챔버에서 건조 박스 내로 옮기고, 후속적으로 UV 경화 에폭시 및 수분 게터를 사용하여 인캡슐레이션 하였다.

[0317] 실시예 2 내지 실시예 3: 적색 유기발광다이오드 제조

[0318] 발광물질층의 형광 물질로서 화합물 1-1을 대신하여 합성예 2에서 합성한 화합물 1-15 (실시예 2), 합성예 5에서 합성한 화합물 2-25 (실시예 3)를 각각 사용한 것을 제외하고, 실시예 1의 물질 및 절차를 반복하여 유기발광다이오드를 제조하였다.

[0319] 비교예 1: 적색 유기발광다이오드 제조

[0320] 발광물질층의 형광 물질로서 화합물 1-1을 대신하여 실험예 1에서 발광 특성을 분석한 비교화합물 1을 사용한 것을 제외하고, 실시예 1의 물질 및 절차를 반복하여 유기발광다이오드를 제조하였다.

[0321] 실시예 4: 녹색 유기발광다이오드 제조

[0322] 발광물질층의 형광 물질로서 화합물 1-1을 대신하여 합성예 6에서 합성한 화합물 3-24를 사용하고, 지연형광물질로서 4CzTPN을 대신하여 녹색 지연형광물질인 4CzIPN을 사용한 것을 제외하고, 실시예 1의 물질 및 절차를 반복하여 유기발광다이오드를 제조하였다.

[0323] 비교예 2: 녹색 유기발광다이오드 제조

[0324] 발광물질층의 형광 물질로서 화합물 3-24를 대신하여 실험예 1에서 발광 특성을 분석한 비교화합물 2를 사용한 것을 제외하고, 실시예 4의 물질 및 절차를 반복하여 유기발광다이오드를 제조하였다.

[0325] 실험예 2: 유기발광다이오드의 발광 특성 측정

[0326] 실시예 1 내지 실시예 4와 비교예 1 내지 비교예 2에서 각각 제작된 유기발광다이오드를 대상으로 발광 특성을 측정하였다. 9 mm의 방출 영역을 갖는 각각의 유기발광다이오드를 외부전력 공급원에 연결하였으며, 전류 공급원(KEITHLEY) 및 광도계(PR 650)를 사용하여 실온에서 소자 특성을 평가하였다. 10 mA/cm²의 전류밀도에서 평가한 각각의 발광다이오드의 구동 전압(V), 최대 외부 양자효율(EQE_{max}, %), CIE 색좌표, 최대전계발광(EL) 파장(EL_{max}, nm) 및 반치폭(full-width at half maximum, FWHM, nm)을 각각 측정한 결과를 하기 표 2에 나타낸다.

표 2

유기발광다이오드의 발광 특성 평가

[0327]

소자	형광 물질	V	EQE _{max}	CIE (x, y)	EL _{max}	FWHM
비교예 1	Ref. 1	5.8	9.4	(0.598, 0.382)	604	44
실시예 1	1-1	5.2	12.5	(0.639, 0.355)	610	40
실시예 2	1-15	5.1	15.3	(0.653, 0.345)	618	38
실시예 3	2-25	5.1	13.8	(0.674, 0.323)	631	42
비교예 2	Ref. 2	5.1	3.9	(0.301, 0.640)	524	32
실시예 4	3-24	3.9	13.1	(0.313, 0.645)	526	36

[0328] 표 2에 나타낸 바와 같이, 비교예 1에서 제조한 유기발광다이오드와 비교해서, 실시예 1-3에서 제조한 유기발광다이오드의 구동 전압은 최대 12.1% 낮아졌고, 최대 외부양자효율은 62.8% 향상되었으며, 반치폭이 약간 감소하여 색 순도가 향상되었으며, 깊은 적색 컬러를 방출하였다. 또한, 비교예 2에서 제조한 유기발광다이오드와 비교해서 실시예 4에서 제조한 유기발광다이오드의 구동 전압은 23.5% 낮아졌고, 최대 외부양자효율은 235.9% 향상되었다. 본 발명의 유기 화합물을 발광 유닛에 적용하여 구동 전압을 낮추고, 발광 효율을 향상시킬 수 있으며, 색 순도가 우수한 유기발광다이오드와, 이를 이용한 유기발광장치를 제조할 수 있다.

[0329] 상기에서는 본 발명의 예시적인 실시형태 및 실시예에 기초하여 본 발명을 설명하였으나, 본 발명이 상기 실시형태 및 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되는 것은 아니다. 오히려 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 전술한 실시형태 및 실시예를 토대로 다양한 변형과 변경을 용이하게 추고할 수 있다. 하지만, 이러한 변형과 변경은 모두 본 발명의 권리범위에 속한다는 점은, 첨부하는 청구범위에서 분명하다.

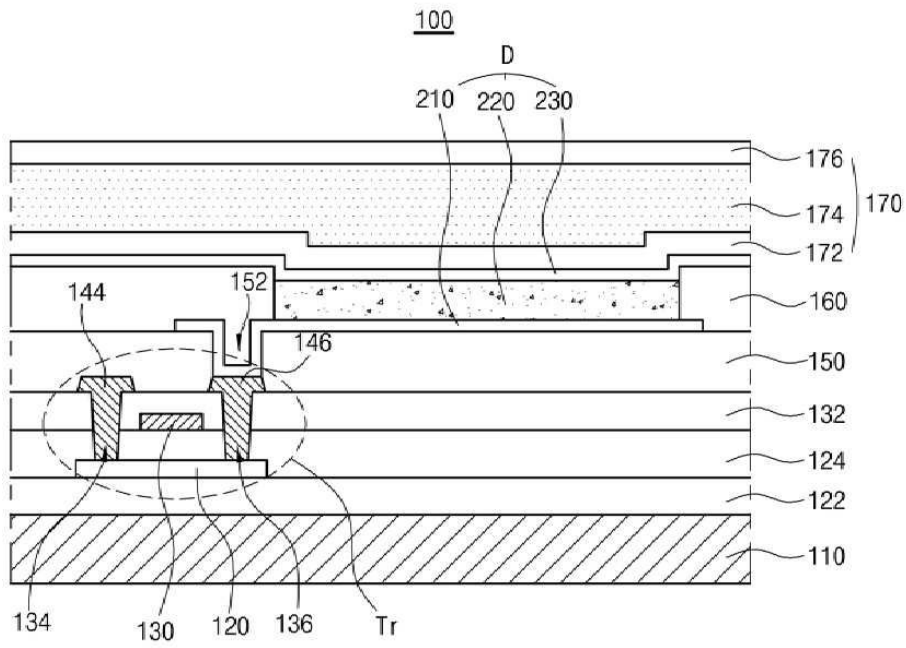
부호의 설명

[0330]

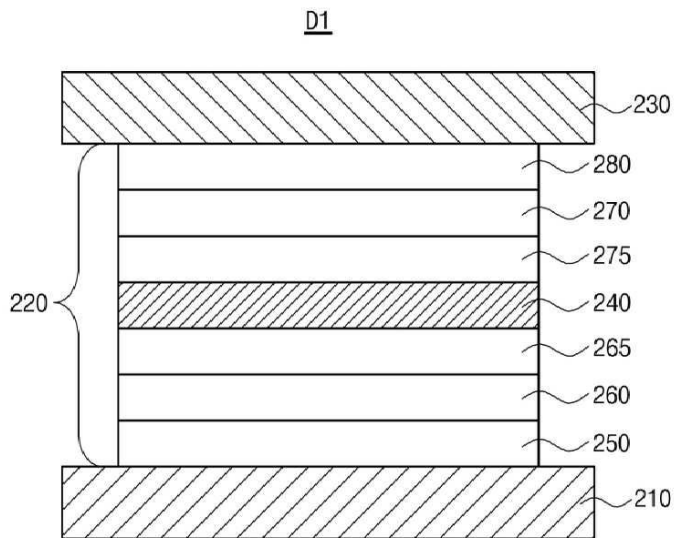
- 100: 유기발광표시장치
- 210, 310, 410: 제 1 전극
- 220, 220A, 320, 420: 발광층
- 230, 330, 4300: 제 2 전극
- 240, 240A, 340, 440: 발광물질층
- 342, 442: 제 1 발광물질층
- 344, 444: 제 2 발광물질층
- 446: 제 3 발광물질층
- D, D1, D2, D3, D4: 유기발광다이오드
- Tr: 박막트랜지스터

도면

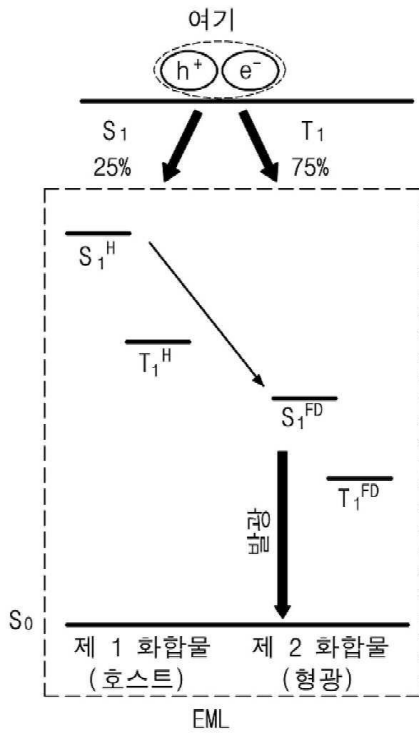
도면1



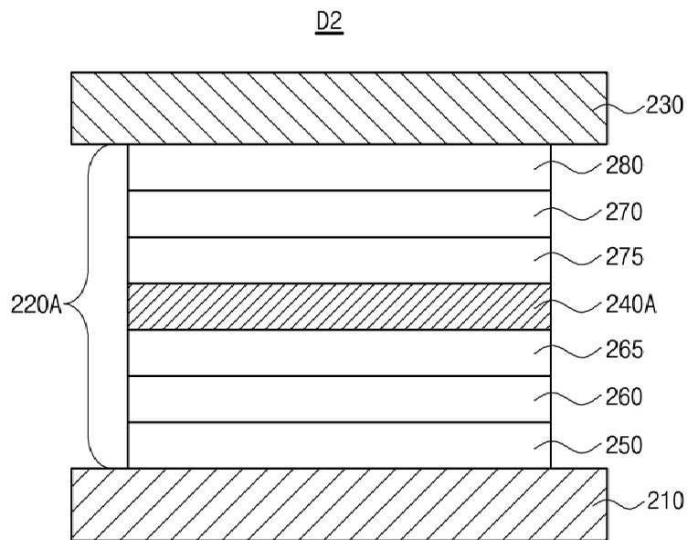
도면2



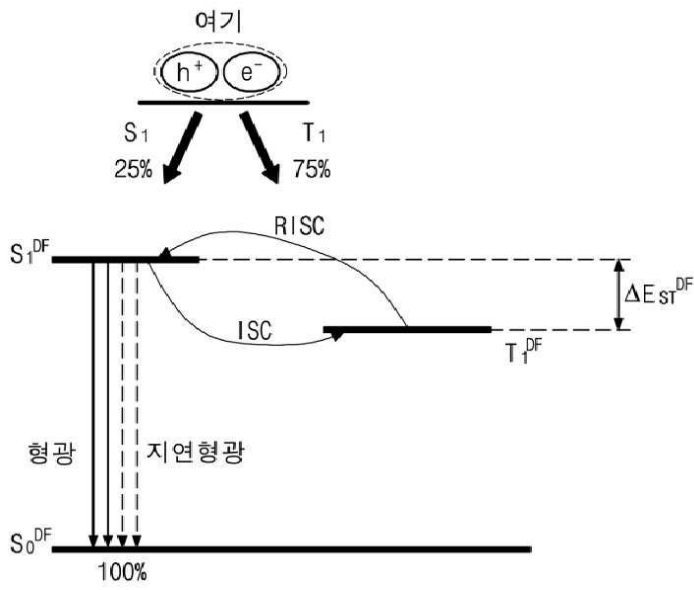
도면3



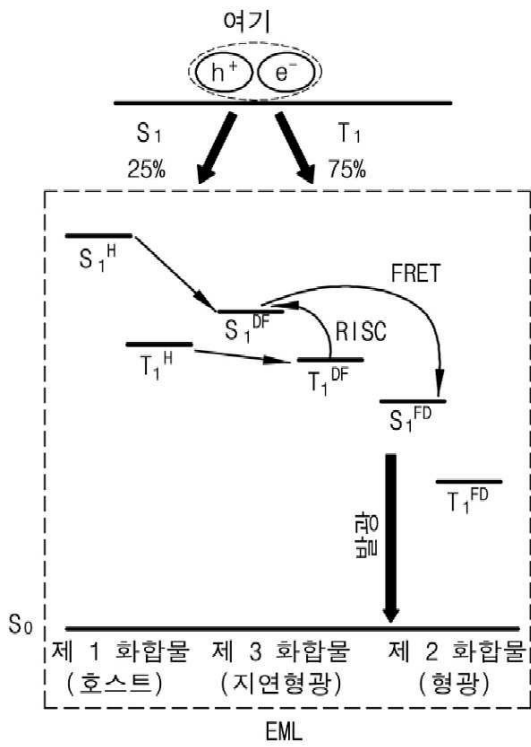
도면4



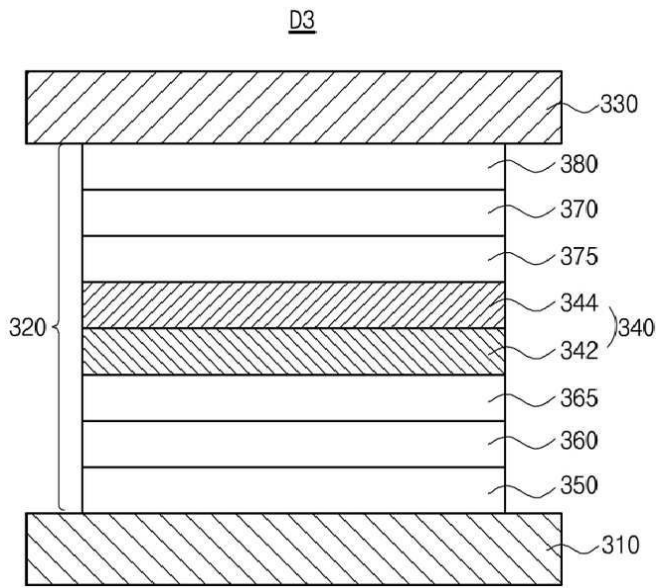
도면5



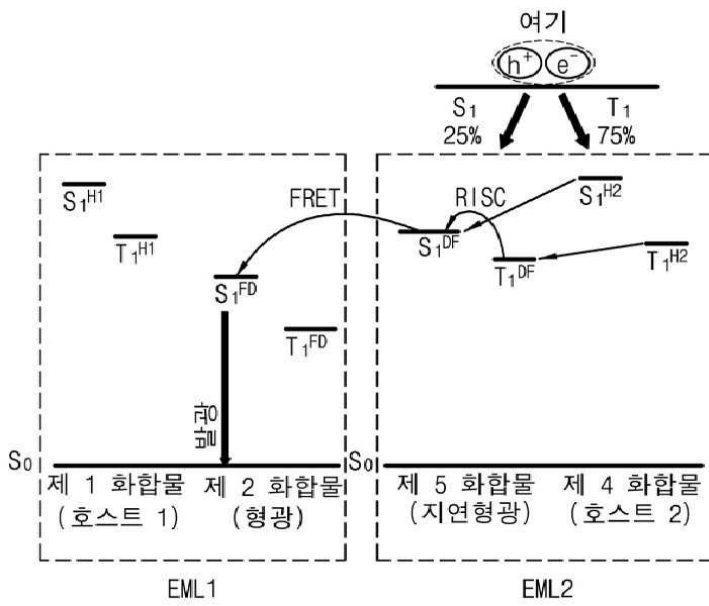
도면6



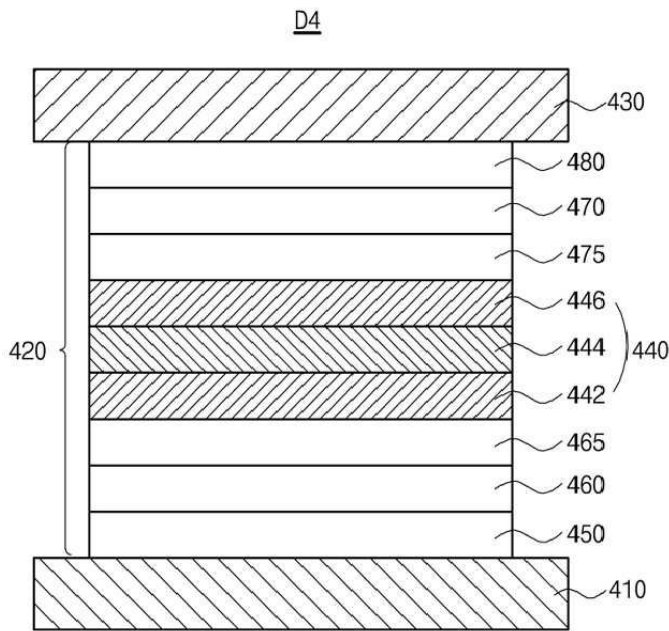
도면7



도면8



도면9



도면10

